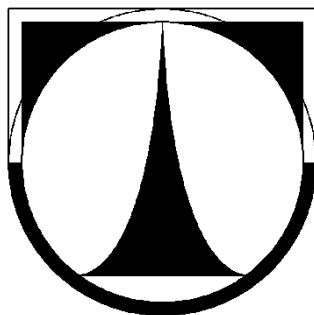


Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní



Martin Václava

NÁVRH VÝROBY LED PANELŮ VE SPOLEČNOSTI MODUS SPOL. S R.O.

Bakalářská práce

2011

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Strojírenství
Zaměření: Výrobní systémy

**NÁVRH VÝROBY LED PANELŮ VE SPOLEČNOSTI MODUS
SPOL. S R.O.**

**DESIGN OF LED BOARDS PRODUCTION IN COMPANY MODUS
SPOL. S R.O.**

KVS - VS - 116

Martin Václava

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jan Vavruška
Ing. Tomáš Vach - MODUS spol. s r.o.

Počet stran: 68
Počet příloh: 6
Počet obrázků: 31
Počet tabulek: 8
Počet grafů: 4
Počet modelů nebo jiných příloh: 0

V Liberci 22. 12. 2011

Bakalářská práce: KVS - VS - 116

TÉMA: Návrh výroby LED panelů ve společnosti MODUS spol. s r.o.

ANOTACE:

Bakalářská práce se zabývá teoretickým návrhem montážní linky pro osazování LED na desky plošných spojů. Úvod je věnován porovnání LED zdrojů světla s ostatními světelnými zdroji a vzájemným výhodám a nevýhodám. V teoretické části je seznámení s teorií světla vyzařujících z diod a technologií povrchové montáže. Následuje představení společnosti MODUS spol. s r.o. s popisem současného stavu. Praktická část se zabývá návrhy variant montážní linky SMT a výběru jednoho nejvhodnějšího návrhu, který je poté detailněji rozpracován pomocí metod průmyslového inženýrství. Závěr obsahuje shrnutí celé práce a doporučení pro vytvoření pracoviště do výrobního systému společnosti MODUS, spol. s r.o.

KLÍČOVÁ SLOVA:

LED, SMT, MODUS, FTA, VSM, FMEA

THEME: Design of LED boards production in company MODUS spol. s r.o.

ANNOTATION:

Bachelor thesis deals with theoretic design of assembly line for mounting LED on printed circuit boards. Opening is devoted to comparison between LED and other types of light sources and their advantages and disadvantages. Theoretical part contains theory of light emitted diode and theory of surface mount technology. In the next chapter is introduction of company MODUS spol. s r.o. with the description of current status. Practical part describes several designs of SMT assembly lines and selects the best one which is enhanced with innovative engineering. Conclusion contains recapitulation the whole bachelor thesis and recommendation for new design of SMT assembly line to company MODUS spol. s r.o.

KEYWORDS:

LED, SMT, MODUS, FTA, VSM, FMEA

Desetinné třídění:

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2011

Archivní označení zprávy:

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Doc. Dr. Ing. Františku Manligovi z katedry výrobních systémů TU v Liberci za odborné konzultace a vedení této práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Vachovi ze společnosti MODUS spol. s r.o. za odborné rady, konzultace a poskytnuté materiály k vytvoření této práce.

Obsah:

1. Úvod	8
1.1. Cíl práce	8
1.2. Vznik tématu	8
2. Teoretická část	9
2.1. Používané technologie	9
2.1.1. LED-diody	9
2.1.2. SMT technologie	10
2.1.3. Postup výroby SMT technologií	10
2.2. Používané metody	15
2.2.1. Six Sigma	15
2.2.2. SWOT	18
2.2.3. VSM	18
3. Společnost MODUS	19
3.1. O společnosti	19
3.2. SWOT analýza společnosti	20
3.3. Stávající stav	21
4. Praktická část	26
4.1. Define	26
4.2. Measure	27
4.3. Analyse	34
4.4. Design	52
4.5. Verify	55
5. Závěr	56
6. Použité zdroje	58
7. Přílohy	60

Seznam použitých zkratk a symbolů:

Označení	Popis
DPS	Deska plošných spojů (substrát)
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis - Analýza možností vzniku vad a jejich následků
FTA	Failure Tree Analysis - Analýza stromu poruchových stavů
Layout	Nákres dispozice
LED	Světlo vyzařující dioda
PC	Personal computer – Osobní počítač
P-N přechod	hradlo, které propouští elektrický proud pouze jedním směrem
SMD	Surface mount device - Součástka pro povrchovou montáž
SMT	Surface mount technology - Technologie povrchové montáže
SWOT	Strenghts-Weaknesses-Threats-Opportunities – Analýza hodnotící silné, slabé stránky společnosti, hrozby a příležitosti
VSM	Value Stream Mapping - Mapa toku hodnot

Označení	Jednotky	Název veličiny
ϕ	lm	Světelný tok
l	m ²	Délka
m	kg	Hmotnost
s	m	Plocha
t	°C	Teplota
T	s	Čas
v	m·s	Rychlost

1. Úvod

1.1. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je teoretický návrh montážní linky, s technologií povrchové montáže, pro společnost MODUS spol. s r.o. (dále jen „MODUS“). Výroba spočívá v osazování LED na desky plošných spojů pro minimální výrobní kapacitu 10 000 panelů LED osvětlení za měsíc.

1.2. Vznik tématu

LED světelné zdroje jsou obecně prezentovány jako zdroje budoucnosti. I přes skutečnost, že se LED doposud výrazně jako světelné zdroje neprosadily v běžných svítidlech, mají některé prokazatelné výhody. Mezi hlavní přednosti patří energetická úspornost s násobně vyšší životností, cca 100.000 provozních hodin. [16] Dále malá hmotnost, vysoká mechanická odolnost a ekonomická úspornost oproti ostatním světelným zdrojům jako jsou klasické žárovky či zářivkové trubice.

Za výhodu, ale částečně i nevýhodu se dá považovat bodový charakter vyzařování LED světla. Zářivková trubice, s vyzařovacím úhlem 360° , ztrácí část své svítivosti vyzařováním do tělesa osvětlení s následným odrazem, ale osvětluje i okolní prostor. Oproti tomu LED má vyzařovací úhel 120° , kde je světlo omezeno jen na světelný kužel, u kterého je však možné nastavit jeho směr.

Na druhou stranu je také nutné zmínit nějaká úskalí LED světelných zdrojů, o kterých se příliš nemluví. U LED čipů je velmi důležité jejich vlastní chlazení, kde u přehřívání klesá životnost samotných čipů. Například u chlazeného čipu s teplotou 75°C je životnost 100.000 provozních hodin, ale při nechlazeném čipu s teplotou 150°C , je životnost už jen 28.000 provozních hodin. Dále při porovnání světelné účinnosti LED, která je u současné generace 120-150 lm/W, zjistíme, že se prakticky shoduje se světelnou účinností zářivky.

Avšak i přes tyto nevýhody, u kterých se předpokládá odstranění dalším vývojem, trend jasně naznačuje, že budoucnost svítidel je ukryt v LED osvětlení, které se už nyní rozšiřuje do všech sfér našeho života. Tento fakt si uvědomila i společnost MODUS spolupracující s Technickou univerzitou v Liberci, která nechce být pozadu s vývojem a rozhodla se pro výrobu vlastních LED světelných zdrojů.

2. Teoretická část

První část této kapitoly je věnována technologiím spojenými s výrobou LED panelů. V druhé části kapitoly jsou popsány metody, které jsou použity v praktické části.

2.1. Používané technologie

2.1.1. LED-dioda

Zkratka LED znamená v angličtině "light emitted diode" tedy česky "světlo vyzařující dioda". Už název napovídá, že se jedná o polovodičový přechod P-N (Obr. 1) podobný jako v běžné diodě. Na polovodičovém přechodu P-N dochází k přímé přeměně elektrické energie na světelnou. Z materiálu přechodu se uvolňují fotony, a tím vzniká světlo. Barva závisí na vlnové délce světla, která je dána materiálem a jeho úpravou. Čip (polovodičový přechod diody) je většinou tvořen GaP (galium-fosforit) nebo GaAsP (galium-arsenid-fosforit). [18]



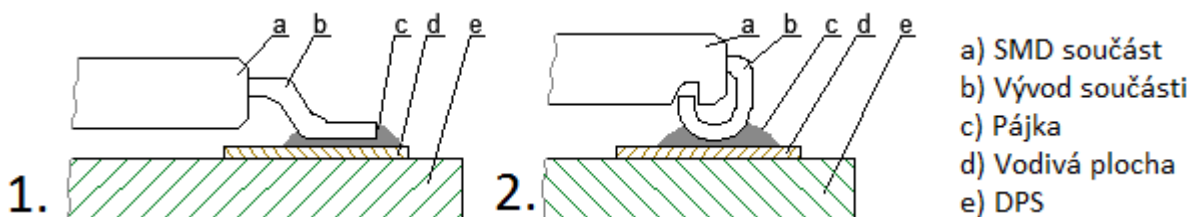
Obr. 1: Značka LED [1]



Obr. 2: SMD LED [15]

Původně byla LED dioda jen velmi slabě zářící zdroj světla, proto se používala především jako zdroj osvětlení u navigačních světel. Poté díky lepší svítivosti i v dekorativních lampách. O něco později byl jejich svit znovu zdokonalen, a tak jsme se s LED diodami začali setkávat u všech typů osvětlení, tedy i pracovních svítidel. [18]

V našem případě se budeme zabývat SMD LED, tj. určenými pro povrchovou montáž (Obr. 2). SMD LED jsou vyráběné v podobě čipů s vývody, nejběžněji typu „L“ nebo „J“ (Obr. 3). LED je usazena vývody na vodivé plošky DPS, kde po zapájení vzniká pevné a vodivé spojení. [1]

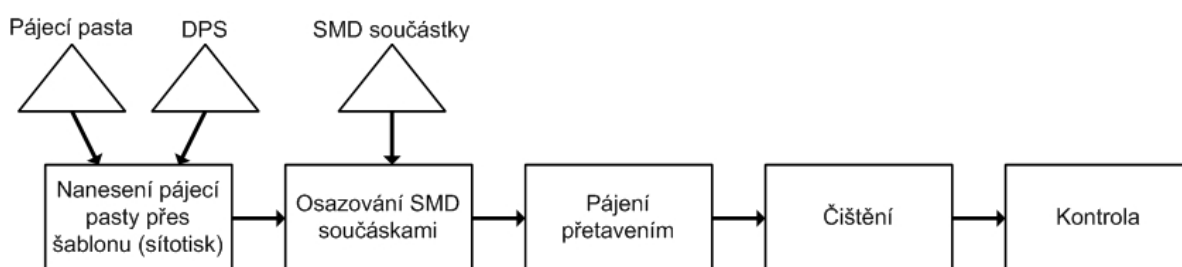


Obr. 3: Typy vývodů SMD součástek - 1. typ „L“, 2. typ „J“ [1]

2.1.2. SMT technologie

Technologie povrchové montáže (Surface Mount Technology - SMT) je postup osazování a pájení elektronických součástek (Obr. 4) na desky plošných spojů (DPS). Kontaktní plochy nebo krátké vývody miniaturních součástek leží plošně na nosném spoji a jsou tak připájeny. [1]

Charakteristickou operací je pájení přetavením, kde se součástky se speciálními vývody usadí do pájecí pasty a potom se v jediném kroku přetaví a tím i připojí. [12]



Obr. 4: Postup osazování technologií povrchové montáže

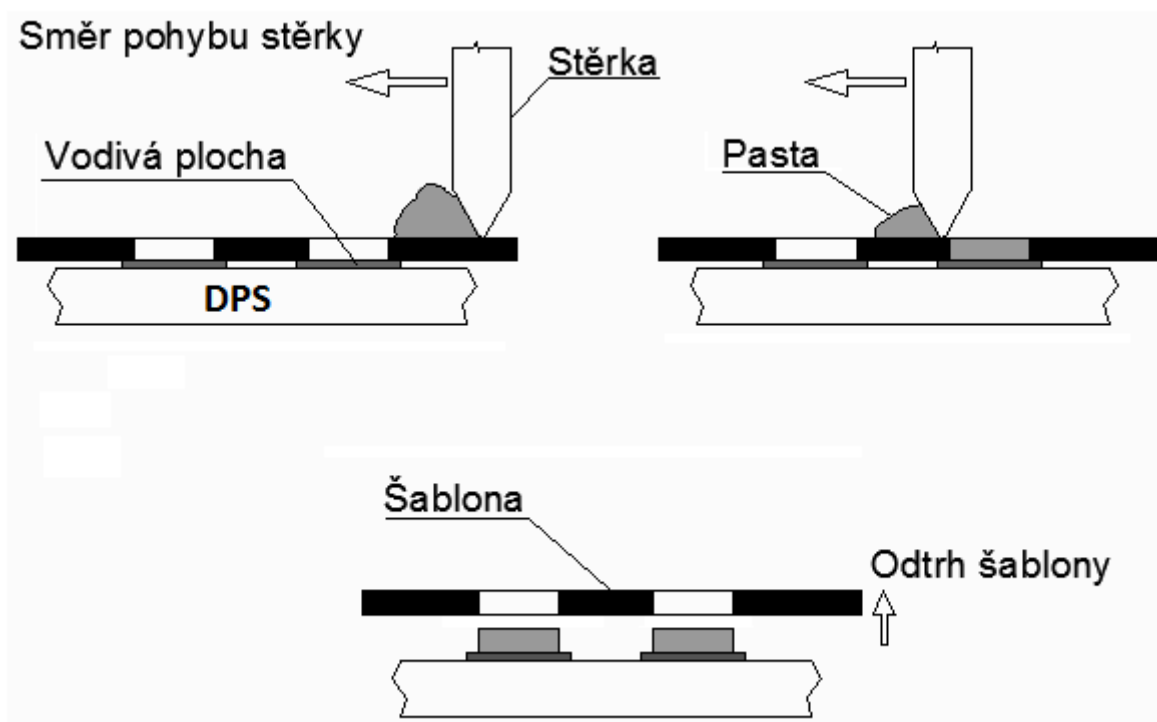
2.1.3. Postup výroby SMT technologií

- **Deska plošných spojů**

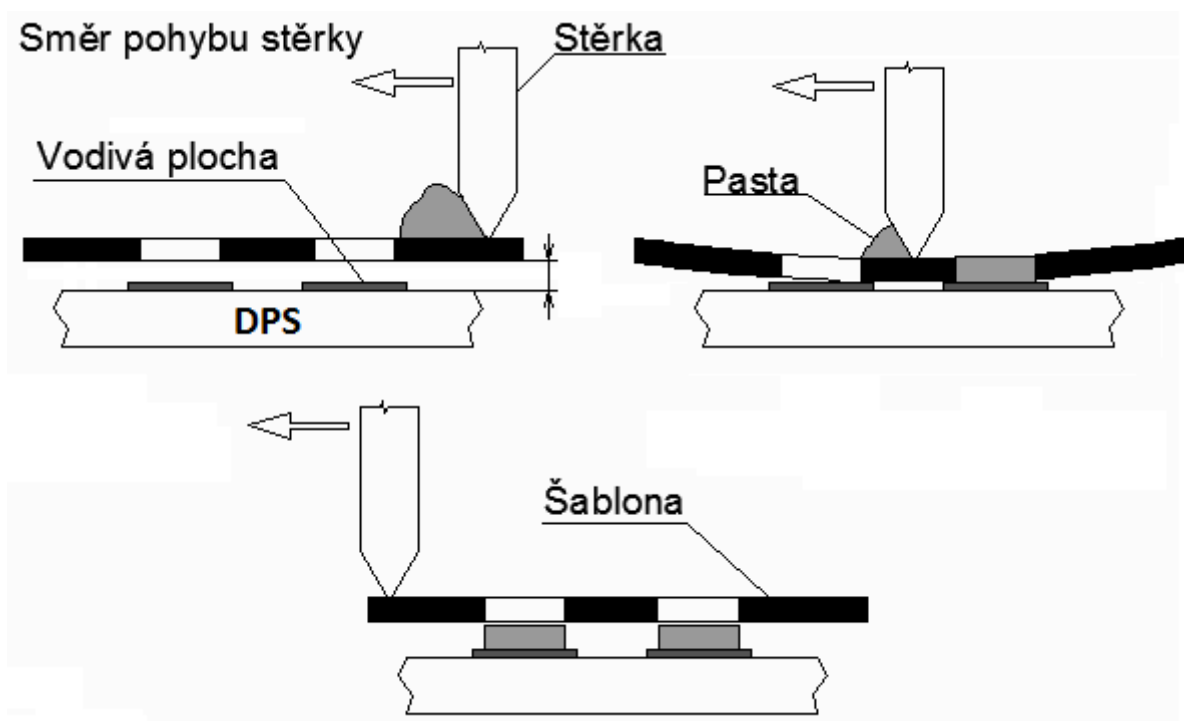
Úkolem desek s plošnými spoji je realizovat vodivé propojení mezi součástkami mechanicky uchycenými na izolační podložce. Technologie plošných spojů, umožnila nahrazení ručního propojování součástek drátovými spoji elektricky vodivými cestami (měď) vytvořenými na podložce z izolačního materiálu. [9]

- **Nanášení pájecí pasty**

Pájecí pasta je médium, které obsahuje přesné sférické kuličky odlévané ve vakuu. Dříve se jako materiál pro kuličky používalo olovo, dnes však převažuje cín s malým podílem stříbra a mědi. Kuličky jsou obalené organickou směsí pryskyřic a aktivátorů zajišťující, že ve směsi během skladování a nanášení nezoxdují. Médium spojující kuličky má tixotropní charakter, při míchání se původně tužší pasta začne rozlévat, a když se materiál hrne stěrkou přes šablonu, zatéká do štěrbin a tuhne. Směs dále zabezpečuje optimální míru lepivosti, protože pasta plní také funkci lepidla. V čase mezi osazením a přetavením drží součástky na DPS. [10]



Obr. 5: Nanášení pájecí pasty přes pevnou šablonu [12]



Obr. 6: Nanášení pájecí pasty přes pružnou šablonu [12]

Nanášení pájecí pasty je prováděno zpravidla sítotiskem přes pevnou nebo pružnou šablonu. Při tom je nanášeno definované množství pasty na plošný spoj, což zabezpečuje reprodukovatelnou kvalitu spoje. Nanáší se ve vrstvě o tloušťce do 150 mikronů a dle velikosti vývodů připojované součástky. Důležitým faktorem je volba pájecí pasty, ta se dělí podle složení na olovnatou nebo bezolovnatou a dále podle jejího teplotního profilu, který závisí na připojovaných součástkách. [10][12]

Pevná šablona (Obr. 5) je svou základní podstatou obdobou pružné šablony (Obr. 6). Rozdíl je v jejím provedení. U pevné je vytvořen z tuhého (nepružného) materiálu. Šablona se přikládá přímo na DPS, takže hodnota odtrhu je v době pohybu stěrky rovna nule. Vlastní odtrh šablony od substrátu je pak proveden mechanickým pohybem po ukončení pohybu stěrky. U pružné šablony je odtrh tvořen pružným materiálem a působením stěrky. [12]

- **Osazování SMD součástek**

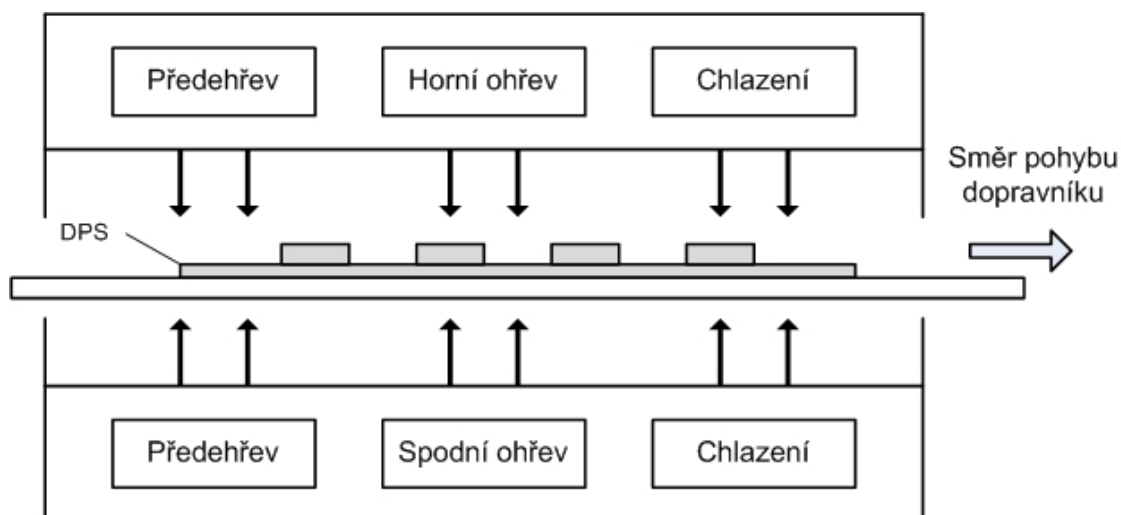
Základním principem osazování je, že součástka je uchopena, vystředěna do polohy určené k připájení a vsazena na určené kontaktní plošky na substrátu. Pro tento způsob osazování se vžil název „pick and place“ (vezmi a umísti). Úspěšnost této operace závisí na splnění stanovených rozměrových tolerancí, jež se týkají substrátu s vodivými kontaktními ploškami, součástek a osazovacího zařízení.

Osazovací zařízení musí zajistit následující funkce, které současně tvoří základní technologické kroky průběhu této operace. Transport substrátů, jejich upevnění, kontrola nanesené pájecí pasty a umístění pro osazování součástek. Uchycení zásobníků se součástkami a jejich přípravu k osazování. Vyzvednutí, vystředění a osazení na substrát, k čemuž se nejčastěji používá manipulátor s vakuovou pipetou. [12]

- **Pájení přetavením**

Technologický postup pájení přetavením je použitelný pouze pro montáž SMT. Součástky SMD se osazují do pájecí pasty a celý systém včetně součástek se zahřívá nad teplotu tavení pájecí slitiny v pájecí pastě. [6]

Deska plošných spojů umístěna na dopravníku prochází teplotními zónami (Obr. 7) pro *předehřev, pájení a chlazení*, každá se specifickými teplotami (Tab. 1). Pro ohřev desky se používá infračervené záření, konvekce horkým vzduchem případně inertním plynem nebo metoda kondenzačního pájení. [6]



Obr. 7: Schéma pájení přetavením [6]

V současné době, se nejvíce preferuje ohřev konvekcí (prouděním) nebo kondenzačně. A začíná se stále častěji používat pájení v inertní atmosféře. Používá se dusík, případně argon. Pájení v dusíkové atmosféře příznivě ovlivňuje smáčení pájky, výrazně snižuje množství oxidů a snižuje množství pájky. Nabývá stále většího významu při používání bezolovnatých pájek. [6]

Teplotní zóna Druh pasty	Předehřev	Horní/Spodní ohřev	Chlazení
Olovnatá pájecí pasta	100-150°C po dobu 60-120s	215°C po dobu 10-30s	Na teplotu okolí max. 6°C/s
Bezolovnatá pájecí pasta	150-200°C po dobu 60-180s	260°C po dobu 20-40s	

Tab. 1: Rozsah teplot u pájení přetavením [15]

- **Čištění**

V procesu sítotisku mohou vznikat nečistoty při protlačování pájecí pasty přes šablonu. V otvorech šablony se mohou postupným protlačováním usazovat zbytky pájecí pasty a její kumulací by se na DPS nemuselo nanášet potřebné množství. Šablona se nejčastěji čistí za sucha, mokra nebo vakuem, a čištění obstarává zařízení automaticky.

Na DPS zůstávají zbytky nečistot po osazení a pájení, které mohou ovlivnit spolehlivost. Nejčastěji pocházejí ze zbytků tavidel použitých při pájení, z výroby DPS a také ze samotných součástek. Vznik nečistot je závislý na kvalitě použitých materiálů a zpracování. Způsoby samotného čištění závisí na druhu použitého tavidla, a provádí se většinou strojově.

- **Kontrola**

První kontrola probíhá po natisknutí pájecí pasty přímo v zařízení sítotisku nebo ve stroji na osazování, kde si zařízení s 2D skenerem ověřuje správné nanesení pájecí pasty na DPS.

Mezioperační optická kontrola následuje ihned po osazení, kontroluje se úplnost osazených součástek, než budou zapájeny. Další optická kontrola následuje po pájecím procesu, která má za úkol zjistit kvalitu pájených spojů, nezapájené součástky a také jejich přítomnost. Optické kontroly provádí obsluha a to vždy u prvního kusu nové série zda stroje správně nastaveny.

- **Podmínky pro provoz**

Montážní linka vyžaduje neprašné prostředí se stálou teplotou a vlhkostí. K provozu je potřeba čistý stlačený vzduch, mastný by mohl způsobovat naleptávání senzorů zařízení.

Prostor linky musí být vybaven antistatickou podlahou a personál antistatickou obuví, případně návleky. Samotné součástky LED musí být přepravovány v antistatických sáčkách a přepravkách.

2.2. Používané metody

2.2.1. Six Sigma

Strategie Six Sigma je filozofií zlepšování, jež byla poprvé uplatněna na počátku osmdesátých let v USA ve firmě Motorola. Je to podnikatelská strategie, která organizacím umožňuje prudce zlepšit jejich úroveň pomocí plánování a monitorování každodenních aktivit způsobem, který minimalizuje výskyt neshod a potřebné zdroje a zvyšuje spokojenost zákazníka. Strategie Six Sigma se orientuje zejména na prevenci neshod, zkrácení průběžné doby výroby a úsporu nákladů. Přestože ve filozofii Six Sigma je zdůrazňována orientace na zlepšení rentability (výnosnosti), jejím vedlejším produktem je zlepšování jakosti a hospodárnosti. [7]

Základní charakteristické rysy Six Sigmy:

- Používání počtu vad na jednotku (dpu) a počtu vad na milion příležitostí (dpmo) jako standardního měřitelného ukazatele
- Intenzivní výcvik pracovníků a ustavení projektových týmů orientovaných na zvýšení rentability, a odstranění činností, které nepřinášejí přidanou hodnotu
- Příprava vysoce kvalifikovaných expertů na zlepšování procesů organizace
- Stanovení vhodných ukazatelů pro posuzování úspěšnosti změn

Označení Six sigma souvisí s orientací filozofie na minimalizaci výskytu neshod (Tab. 2), kdy cílem je dosáhnout takové způsobilosti procesů, při níž je střední hodnota sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze vzdálena alespoň šest směrodatných odchylek. Jedním ze základních východisek filozofie Six Sigma je závislost mezi způsobilostí procesů a výdaji spojenými s nízkou jakostí. [7]

Sigma - úroveň	Neshody na milion možností	Náklady na nízkou kvalitu
2	308 537 (neschopnost konkurovat)	Nepříjatelné
3	66 807	25-40% obrátu
4	6 210 (Průměrný podnik)	15-25% obrátu
5	233	5-15% obrátu
6	3,4 (Světová třída)	< 1% obrátu

Tab. 2: Úroveň neshod a náklady na nízkou výrobu [7]

Realizace strategie Six Sigma zahrnuje osm hlavních fází:

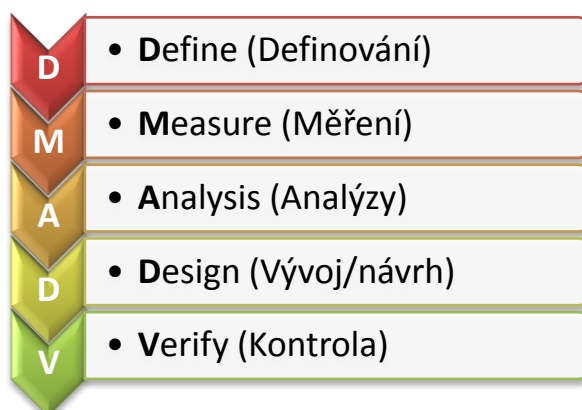
Poznání – Definování – Měření – Analýza – Zlepšení – Kontrola – Standardizace – Integrace

Z uvedených osmi se nejčastěji zdůrazňují některé stěžejní fáze, zejména pak Definování, Měření, Analýza, Zlepšování a Kontrola → metoda DMAIC, která se často využívá při zlepšení stávajících procesů a výrobků.

Tento proces se postupem času dále přeformuloval, aby mohl být zaměřen na nový vývoj nebo základní přeformování výrobků a procesů a byla od samého začátku umožněna resp. dosažena Six Sigma kvalita. V teorii a praxi proto existuje celá řada fázově zaměřených postupových modelů, pomocí níž lze řídit a provádět projekty návrhu a vývoje zaměřené na výsledek.

- **DMADV**

Praktická část práce bude zpracována metodou DMADV (Obr. 8), používanou při vývoji nových procesů.



Obr. 8: DMADV

Define – Definování projektu a vytvoření identifikační listiny projektu

- Stanovení zodpovědnosti, sestavení projektového týmu, popsání Business Case a vytvoření identifikační listiny projektu.
- Určení projektových cílů a zohlednění aktuálního tržního postavení, stejně jako vymezení projektu.
- Definice rozhraní pro sousední procesy a hraniční oblasti, příprava potřebných zdrojů.

Measure – Stanovení přání zákazníka a změření výkonnosti procesů

- Stanovení požadavků zákazníků a změření momentální výkonnosti procesu a výsledku.
- Použití Quality Function Deployment (QFD) pro transformaci požadavků zákazníků.

Analyse – Analýza alternativ návrh výrobku a procesů

- Určení návrhových konceptů, tzn. vyvinutí a porovnání více alternativních konceptů, analýza vytvořených návrhů s ohledem na splnění CTQ (klíčová kritéria kvality) a schopnosti podniku dosáhnout tržeb.
- Vyvinutí tzv. High Level Design (Design-Review) pomocí vyžádání zpětné vazby od zákazníka a použití analýzy možných vad a jejich důsledků (FMEA) pro odhalení a zhodnocení potenciálních systémových, konstrukčních a procesních rizik.

Design – Stanovení a upřesnění návrhu

- Detailní posouzení návrhu výrobku a procesu na základě favorizovaného konceptu z fáze Measure pomocí QFD.
- Vyvinutí robustního návrhu, který co nejlépe splní požadavky zákazníka a zároveň ho bude možno sestavit hospodárně. Robustního návrhu je dosaženo tehdy, pokud mají výrobní a procesní výsledky úzké toleranční rozpětí a jsou relativně odolné vůči kolísání provozních faktorů.

Verify – Implementace a kontrola návrhu ve fázi výroby

- Pilotní ověření: Kontrola výkonnosti nově vyvinutých výrobků, resp. nově vzniklých procesů v úvodní sérii.
- Implementace: Převedení řešení do fáze přípravy práce a výroby / Předání dokumentace a reakčního plánu vlastníkům procesu
- Neustálý statistický dohled na způsobilost a výkonnost procesů s ohledem na splnění CTQ - faktorů pomocí statistického řízení procesu. [7]

2.2.2. SWOT

SWOT analýza hodnotí silné (Strengths), slabé (Weaknesses) stránky společnosti, příležitosti (Opportunities) a hrozby (Threats) spojené s podnikatelským záměrem, projektem, strategií nebo i restrukturalizací procesů. Díky ní je možné komplexně vyhodnotit fungování firmy, nalézt problémy nebo nové možnosti růstu. SWOT je součástí strategického (dlouhodobého) plánování společnosti, ze kterého vychází strategické cíle společnosti.

Analýza spočívá v rozboru a hodnocení současného stavu firmy (vnitřní prostředí) a současné situace okolí firmy (vnější prostředí). Ve vnitřním prostředí hledá a klasifikuje silné a slabé stránky společnosti. Ve vnějším prostředí hledá a klasifikuje příležitosti a hrozby pro společnost.

V rámci SWOT analýzy je vhodné hledat vzájemné synergie (společné působení, kdy je výsledek větší, než součet samostatných částí) mezi silnými a slabými stránkami, příležitostmi a silnými stránkami apod. Tyto synergie pak v zápětí mohou být použity pro stanovení strategie a rozvoje firmy. [11]

2.2.3. VSM

Mapa toku hodnot tvoří všechny procesy (přidávající a nepřidávající hodnotu), které jsou na cestě od materiálu k výrobku. VSM je základní nástroj pro analýzu plýtvání v procesech ve výrobě, logistice, vývoji nebo administrativě. Kromě zobrazování toku hodnot „ode dveří ke dveřím“ umožňuje i plánování změn v toku hodnot a modelování budoucího stavu. Je to tedy nástroj pro analýzu procesů, jejich zlepšování a komunikaci. [2]

Typické přínosy:

- *Redukce průběžné doby výroby.*
- *Redukce ploch.*
- *Lepší pochopení procesů a souvislostí mezi nimi.*
- *Zjednodušení systému řízení.*
- *Redukce výrobních dávek a synchronizace procesů.*
- *Eliminace plýtvání procesů.*

3. Společnost MODUS

3.1. O společnosti

MODUS patří už od roku 1994 k nejvýznamnějším producentům osvětlovací techniky v České republice a k významným exportérům tohoto průmyslového odvětví.

V roce 2006 rozhodli majitelé společnosti o doposud největší investiční akci a to jak do moderních technologií, tak do nových prostor pro přestěhování výrobního závodu.

V oblasti technologií, MODUS investuje do nákupu nejmodernějších výrobních zařízení, jako jsou např. moderní lakovací linka (Obr. 9), vystřihovací a děrovací automaty FINNPOWER, tvářecí automaty Salvagnini (Obr. 10), jednoúčelové počítačově řízené automaty na výrobu optických systémů, laserové automaty a dalších, které umožňují dosahování požadované kvality a rychlosti zpracování produktu. [19]



Obr. 9: Lakovací linka [19]



Obr. 10: Tvářecí automat Salvagnini [19]

Společnost MODUS se ve vývoji nových svítidel zaměřuje především na zvýšení energetické účinnosti svítidel a snížení energetické náročnosti výroby.

Zejména vývoj nových typů vyžaduje i další investice do moderních technologií, které kromě již zmíněného efektu zvýšení účinnosti výrobků budou rovněž pozitivní dopad na snížení energetické náročnosti výroby.

Oddělení technické podpory prodeje podniku se trvale zaměřuje na soustavnou aplikaci těchto poznatků s následným využitím nejmodernějších technologií u přímých obchodních partnerů, projektantů i koncových uživatelů. [19]

3.2. SWOT analýza společnosti

Vypracovaná SWOT analýza (viz 2.2.2. SWOT, str. 18) v Tab. 3, pro zjištění silných a slabých stránek společnosti, hrozeb a příležitostí, ze které se vychází při určování strategických cílů společnosti.

SWOT analýza			
Vnitřní prostředí	Silné stránky	Slabé stránky	
	<ul style="list-style-type: none"> • Moderní výrobní zařízení • Kvalitní zázemí • Centralizace • Zkušenosti zaměstnanci • Využití levné pracovní síly (vězni) • Interní logistika • Konkurenceschopnost • Snaha stále optimalizace výrobních procesů • Odbyt výrobků na tuzemském i zahraničním trhu 	<ul style="list-style-type: none"> • Špatné značení příjezdové komunikace • Bezpečnost práce • Velké skladovací prostory • Plýtvání • Ergonomie pracovišť • Nevyužívání zaměstnanců • Částečně závislí na dotacích, při modernizaci výrobních zařízení • Nereprezentativní okolí a vstup do závodu 	
Vnější prostředí	Příležitosti	Hrozby	
	<ul style="list-style-type: none"> • Rozvoj LED svítidel • Vlastní výroba LED panelů • Rozšíření do dalších trhů ve světě • Rozšíření sortimentu (zakázková výroba) • Zvýšení výrobní kapacity • Logistika – využití železniční dopravy (blízkost železnice) • Další optimalizace procesů 	<ul style="list-style-type: none"> • Dovoz levných svítidel ze zahraničí • Růst konkurence u LED • Závislost na dodavateli • Prostory – původně haly pro opravy vlaků • Externí logistika 	

Tab. 3: SWOT analýza společnosti MODUS

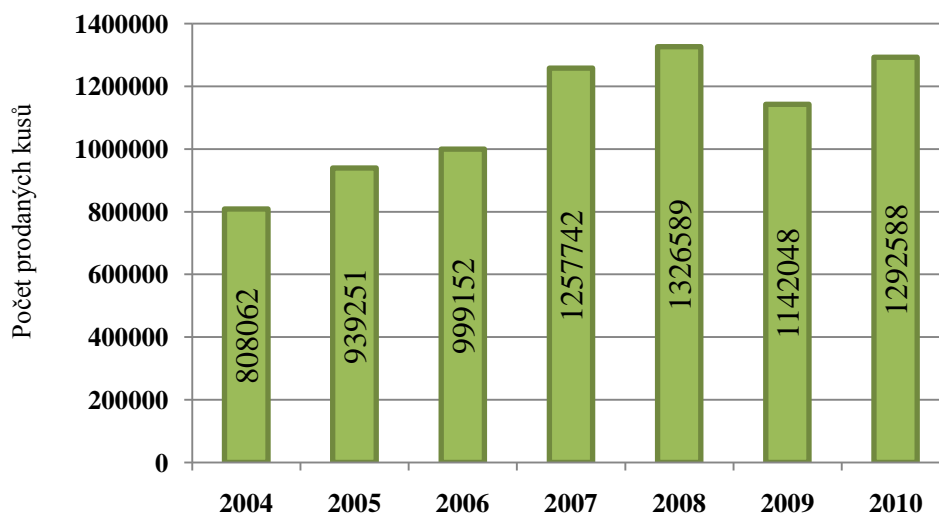
3.3. Stávající stav

V současné době se ve společnosti MODUS vyrábí, až na výjimku, světelné zdroje s LED technologií pouze v nouzových svítidlech. Výjimkou je univerzální svítidlo pro veřejné osvětlení MODUS LV LED (Obr. 11), do kterého se světelný zdroj nakupuje od společnosti Philips.



Obr. 11: Univerzální svítidlo MODUS LV LED [19]

Celkově však poptávka po osvětlovací technice, od společnosti MODUS, a její následný prodej stále roste. Roční nárůst prodeje se pohybuje mezi 10 až 20%, jak je vidět v Grafu 1. Jediný znatelný propad prodeje byl zaznamenán v roce 2009, na kterém měla zřejmě největší podíl ekonomická krize. V roce 2010 byl prodej opět ve znamení růstu, a s tímto trendem se počítá i do následujících období.



Graf 1: Vývoj prodeje svítidel u společnosti MODUS

K budoucímu růstu prodeje by měla přispět i plánovaná nabídka prodeje osvětlovací techniky do kancelářských prostor s LED zdrojem světla.

- **Zavedené systémy ve společnosti MODUS**

- *Enterprise Resource Planning (ERP)*

ERP systém je komplexní informační systém k efektivnímu řízení firemních zdrojů. V systému je integrována většina firemních procesů, především procesy týkající se výroby, ekonomiky, účetnictví, lidských zdrojů, logistiky, skladového hospodářství, správy majetku, distribuce, marketingu i manažerského vyhodnocování.

Takový ERP systém musí být schopen zajišťovat a automatizovat stovky a tisíce běžných firemních procesů od finančního účetnictví, lidských zdrojů a skladového hospodářství až po plánování, řízení a komunikaci.

Správná analýza klíčových firemních procesů nemusí být vždy jednoduchá, ale je zcela nezbytná pro návrh a úspěšnou implementaci efektivního ERP systému. Nasazený a správně nastavený ERP systém pak přináší především výraznou výhodu před konkurencí. [17]

- *Metoda 6S*

Metoda 6S je rozšířením zavedené metody 5S. Ta je souhrnem základních kroků pro eliminaci plýtvání na pracovišti. Plýtvání je všechno to co přidává náklady na výrobku nebo procesu bez zvýšení jejich hodnoty.

6S je metodika, která pochází z Japonska a je součástí štihle výroby. 6 charakterizuje právě 6 základních kroků metodiky a S označuje první písmena ve slově. [8]

V podstatě se jedná o metodu zahrnující řadu činností zaměřených na odstraňování plýtvání a zbytečných ztrát, jejichž důsledkem bývají chybné výkony, vady i pracovní úrazy. [3]

Příklad plakátu 6S používaný ve společnosti MODUS je v příloze č. 1.

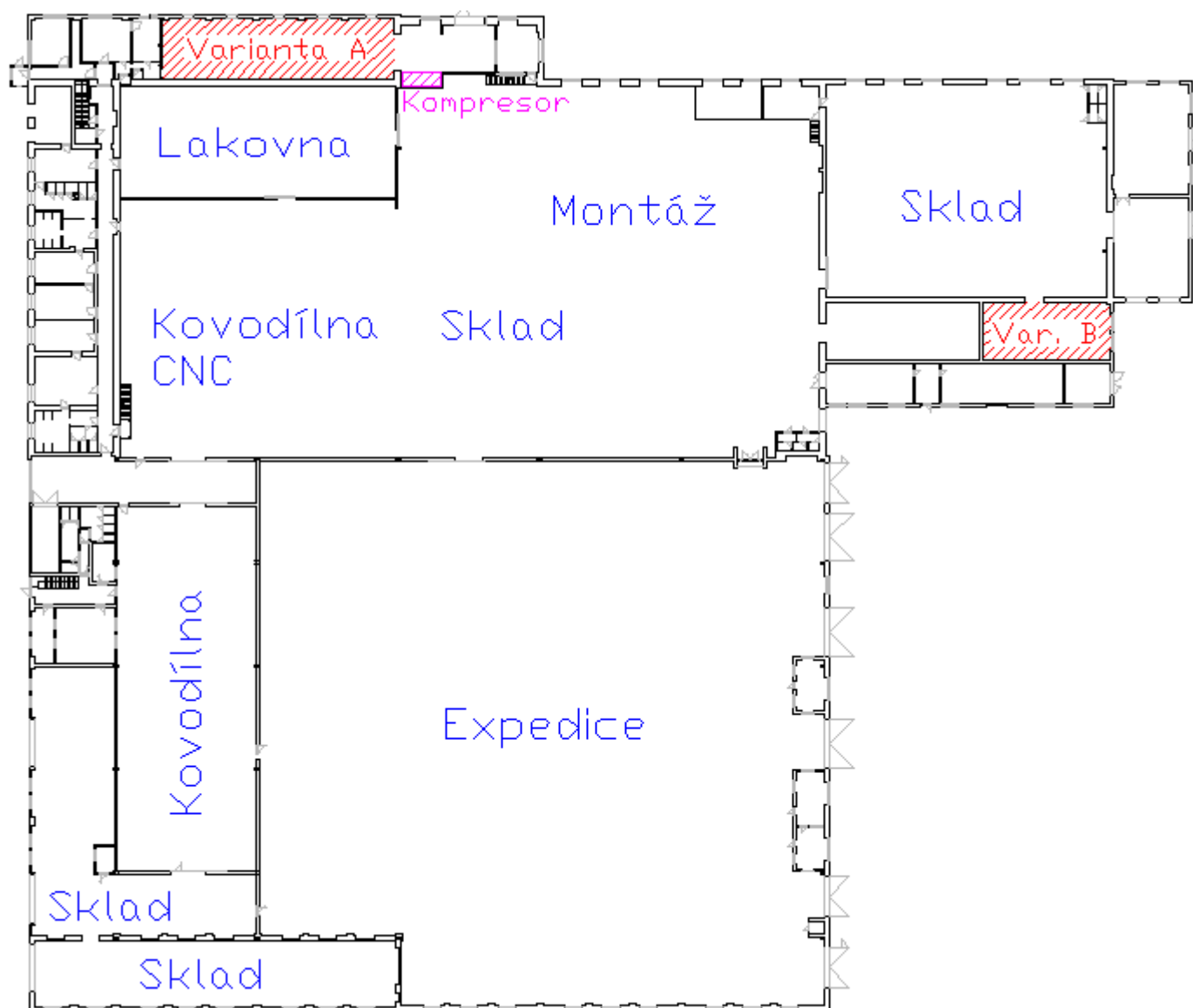
1S	SEPAROVAT	(Sorting)
2S	SYSTEMATIZOVAT	(Stabilize)
3S	STÁLE ČISTO	(Systematic cleaning)
4S	STANDARDIZOVAT	(Standardizing)
5S	SEBEDISCIPLÍNA	(Self-discipline)
6S	STÁLÁ BEZPEČNOST	(Safety)

- **Prostory pro montážní linku SMT**

Ve výrobních prostorech společnosti MODUS byly zvoleny dvě možné varianty umístění montážní linky pro osazování SMT technologií (Obr. 12).

Varianta A se nachází v prostorech, dnes využívaných, jako sklad vzorků pro konstrukci o ploše 24,5x6,4 m (156,8 m²) sousedící s lakovnou a montážní halou.

Varianta B, je prostor využívaný jako pracoviště pro řezání hliníkových profilů, s plochou 13,4x6 m (80,4 m²), který sousedí se skladem drobného materiálu.



Obr. 12: Layout výrobních prostor společnosti MODUS

- **Varianta A – Foto současného stavu**

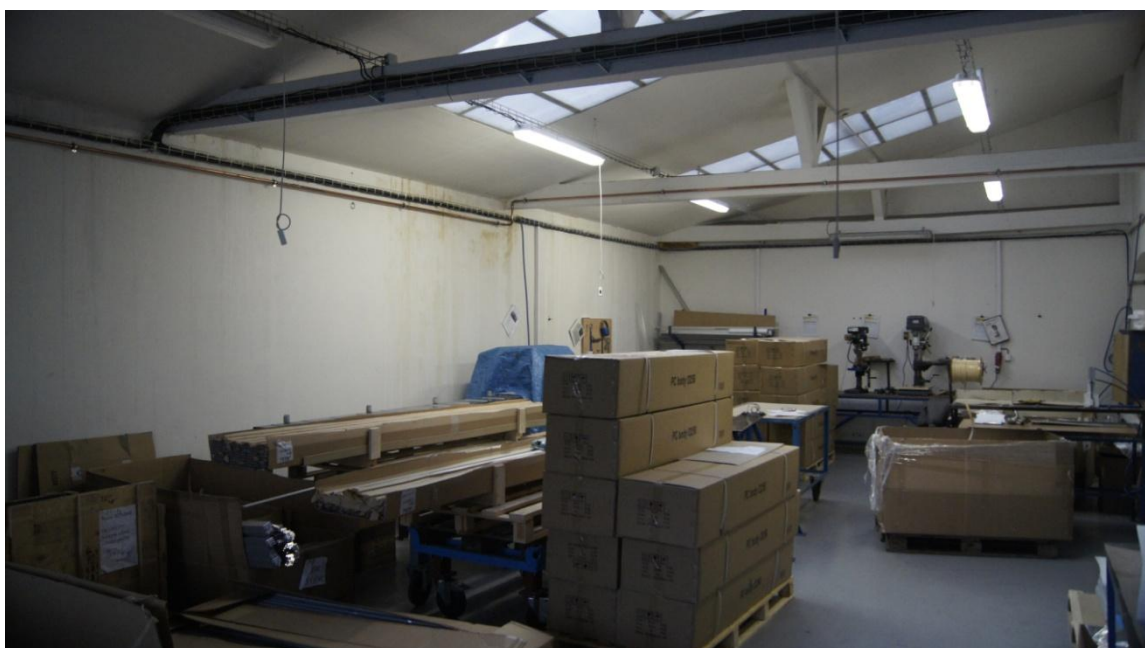
Prostor o ploše 156,8 m² je v současné době používán jako sklad vzorků pro konstrukci a také pro dlouhodobé uskladnění potřebného materiálu (Obr. 13, 15). Málo frekventovaný, situovaný v okrajové části budovy, sousedící s montážní halou.



Obr. 13: Současný stav prostoru Varianty A

- **Varianta B – Foto současného stavu**

Prostor o ploše 80,4 m² se používá jako dílna pro řezání hliníkových profilů. Izolované místo v krajní části budovy sousedící se skladem drobného materiálu (Obr. 14, 16).



Obr. 14: Současný stav prostoru Varianty B

▪ **Varianta A – Layout současného stavu**

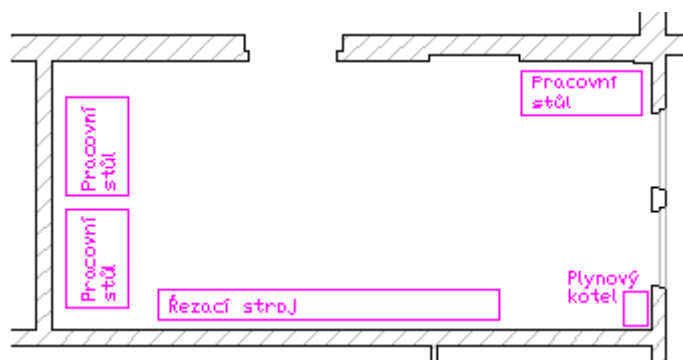
- **Klady:** plocha dostatečná i pro opravnou stanici, mezisklad, laboratoř a možné rozšíření o další osazovací automat, zavedená LAN, blízkost kompresoru stlačeného vzduchu
- **Zápory:** rozvod plynu v místnosti, vzdálenost od skladu, vysoké stropy



Obr. 15: Layout současného stavu Varianty A

▪ **Varianta B – Layout současného stavu**

- **Klady:** zavedené rozvody stlačeného vzduchu, blízkost skladiště, izolování místo od zbytku závodu
- **Zápory:** plynový kotel v místnosti, menší plocha (oproti Variantě A) prostor jen pro montážní linku a menší mezisklad surovin k výrobě



Obr. 16: Layout současného stavu Varianty B

▪ **Potřebné pracovní úpravy prostor**

Zateplení fasády a střechy, nová okna, nové osvětlení, klimatizace, filtr pevných částic přiváděného vzduchu, ventilaci pro odvod teplého vzduchu z pece, uzavření od okolí (vstup jen pro pověřené osoby), antistatická ochrana, rozvod stlačeného vzduchu, rozvod LAN, rozvod elektrické energie, práškový nebo CO₂ hasící systém.

4. Praktická část

Praktická část, je rozdělená do jednotlivých podkapitol podle použité metody DMADV. Fáze Define obsahuje výpis projektových cílů a vymezení hraničních oblastí návrhů.

Ve fázi Measure, je záměrem zjištění potřeb zákazníka, tj. společnosti MODUS, a identifikování skrytých a zřejmých potřeb zákazníka a zajistit, že nebude opomenuta žádná zásadní potřeba. Dále následuje průzkum trhu a hledání společností, které dodávají strojní zařízení pro automatizované osazování SMT technologií.

Fáze Analyse obsahuje vyvinutí návrhových konceptů od společností z předchozí kapitoly. A jejich vzájemné porovnání, ze kterého je vybrán nejlepší návrh pro další rozpracování.

V části Design je vybraný návrh podroben FTA analýze, pro určení možných vad procesů, a vytvořena FMEA procesu pro ohodnocení kritičnosti těchto vad, a návrhu možných opatření pro jejich předcházení.

V poslední fázi Verify jsou výsledky diskutovány se společností MODUS.

4.1. Define

Projekt je definován jako „Návrh výroby LED panelů ve společnosti MODUS spol. s r.o.“.

Cílem projektu je:

- seznámení s technologií osazování SMT
- průzkum trhu a výběr možných dodavatelů zařízení
- vytvoření návrhů montážní linky pro SMT technologii osazování
- výběr jednoho návrhu, na který budou implementovány metody inovačního inženýrství

Tento cíl vychází ze strategického cíle společnosti MODUS, kterým je samostatná výroba LED panelů pro kancelářské osvětlení.

Projekt je vymezen na procesy při osazování LED na DPS, pomocí technologie povrchové montáže, tj. sítotisk, osazování a pájení přetavením. Vstupní materiály jsou definovány jako desky plošných spojů, pájecí pasta a SMD LED. Výstupní výrobek je DPS osazená LED čipy. Následující procesy jako kontrola funkčnosti osazených LED, řezání DPS a následná montáž již nejsou součástí tohoto projektu.

4.2. Measure

Sběrem informací od zákazníka a jejich správnou interpretací můžeme lépe identifikovat jeho zákaznické potřeby.

Pro sběr dat byla zvolena metoda tzv. interview (Tab. 4). Zákazníkovi byly kladeny připravené otázky, odpovědi zaznamenány a následně interpretovány do technických parametrů, a tím zjištěny přesnější zákaznické potřeby.

Zákazník:	Interview provedl:	Martin Václava
MODUS spol. s r.o. Dubická 3274 Česká Lípa	Datum:	17. 10. 2011
	Současný výrobek:	Žádný
Otázka	Vyjádření zákazníka	Interpretace potřeby
Pro jakou technologii osazování potřebujete montážní linku?	Chceme návrh montážní linky pro výrobu technologií povrchové montáže.	Montážní linka pro osazování SMT technologií.
Jaký výrobek plánujete vyrábět pomocí SMT technologie?	Plánujeme výrobu panelů osvětlení s LED zdrojem.	Osazování LED na desky plošných spojů.
Jaký rozměr bude panel osvětlení mít?	Panel bude o rozměrech 600x600 mm a tvořen z dvou DPS.	Schopnost zpracovat DPS o velikosti 580x320mm.
Jaký počet součástek (LED) bude panel obsahovat?	Předpokládáno je 300 LED na jeden panel.	Jedno DPS bude obsahovat 150 LED.
Jaká je plánovaná měsíční výrobní kapacita?	Chceme vyrobit minimálně 10 000 panelů za měsíc.	Měsíční kapacita výroby je 20 000 DPS, tj. 6 000 000 osazených LED.
Jakou požadujete směnnost výroby?	Chceme maximální využití zařízení.	Nepřetržitý provoz.

Tab. 4: Formulář s interpretovanými zákaznickými potřebami

Průzkum trhu

Záměrem v průzkumu trhu, je nalezení tří nejvhodnějších dodavatelů strojního zařízení pro výrobu SMT technologií, podle požadovaných parametrů dodávaného zboží a ostatních služeb.

▪ Internetové zdroje

Při internetovém průzkumu trhu nebylo nalezeno žádné obdobné řešení projektu, bakalářské, či diplomové práce, na téma návrhu montážní linky pro osazování LED, pomocí technologie povrchové montáže v konkrétních podmínkách výrobního závodu.

Společností zabývajících se elektrotechnikou, které nabízejí prodej strojního zařízení pro povrchovou montáž, je mnoho. Většina těchto strojů je zahraniční výroby (nejvíce z Japonska, Číny a USA). Společnosti jsou jen ve funkci obchodních zástupců, které zajišťují prodej, servis, náhradní díly a technickou podporu k dodávanému zařízení.

Hlavním faktorem při výběru možného dodavatele strojního zařízení, je schopnost stroje pracovat s atypickou velikostí DPS, a kapacita výroby pro splnění minimálních požadovaných výrobních kvót.

Jako možné dodavatele byly vybrány dvě společnosti. **Amtest s.r.o.** se sídlem v Brně a společnost **AMTECH spol. s r.o.** sídlící rovněž v Brně. Společnosti byly vybrány z důvodů velké variability nabízeného strojního zařízení, s možností úprav podle konkrétních požadavků zákazníka.

- **Amtest s.r.o.**

Amtest Czech Republic s.r.o. (Obr. 17) je součástí skupiny Amtest Group, která byla založena v roce 1973. Společnost se od svého založení věnuje prodeji a servisu zařízení v oblasti výroby elektroniky a polovodičů v celém regionu střední Evropy.

Firma Amtest Czech Republic s.r.o. se zabývá prodejem, servisem a školením v oblasti technologií povrchové montáže (SMT) - sítotisky, osazovací automaty, přetavovací pece, selektivní lakovací automaty, automatické dispenzery, automatické optické inspekce, SMT opravárenské stanice desek plošných spojů, spotřební materiály a podobně. [13]



Obr. 17: Logo společnosti Amtest s.r.o. [14]

Technici společnosti jsou školeni přímo u výrobců dodávaného zařízení ve výrobních závodech v zahraničí. Jednou z předností jsou exkluzivní smlouvy o zastoupení u většiny zastupovaných výrobců na našem území. [14]

Společnost Amtest s.r.o. dodává mimo základního zařízení pro výrobu SMT technologie i stroje pro její automatizaci. Například Loader – Model LD-100LE (Obr. 18), který slouží k zakládání desek plošných spojů do montážní linky.

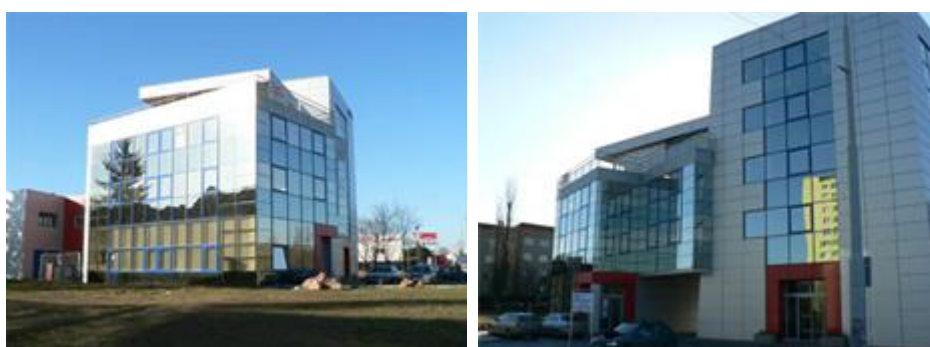


Obr. 18: Loader – Model LD-100LE [14]

○ **AMTECH spol. s r.o.**

Společnost AMTECH spol. s r. o. (Obr. 19) byla založena v únoru 1993 jako obchodní firma. Od prvotních dodávek jednotlivých technologických zařízení se postupně propracovala ke kompletním dodávkám technologií, materiálů a součástek pro elektrotechniku od špičkových světových výrobců.

Společnost AMTECH spol. s r.o. dodává technologická zařízení, materiály i součástky pro elektrotechnickou a elektronickou výrobu. Současně zajišťuje i servisní a konzultační činnost, školení a technickou podporu pro veškerá dodávaná zařízení a technologie. [13]



Obr. 19: Budova společnosti AMTECH spol. s r.o. [13]

Ze sortimentu této společnosti mě nejvíce zaujal velmi přesný stroj pro nanášení pájecí pasty. Zařízení pod názvem MPM 125 (Obr. 20) vyráběný společností Speedline Technologies ze Spojených států Amerických dosahuje při nanášení pasty přesnosti až $\pm 12,5 \mu\text{m}$.



Technické údaje:

Maximální velikost DPS	610x508 mm
Minimální velikost DPS	51x51 mm
Rychlost tisku (max.)	305 mm/s
Přesnost tisku	$\pm 12,5 \mu\text{m}$

Obr. 20: Speedline Tech. MPM 125 [13]

- **Exkurze**

Ve spolupráci s vedením společnosti MODUS, byly v rámci přípravy bakalářské práce absolvovány exkurze do společností, zabývajících se prodejem strojního zařízení SMT a výrobou osazováním LED na desky plošných spojů technologií SMT.

Navštívená společnost **PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o.** je zaměřena na prodej technických zařízení zahraničních partnerů, ale i samostatně vyvíjených strojů v kategorii sítotisků. Tato společnost byla vybrána, jako třetí možný dodavatel strojního zařízení.

Druhá navštívená společnost Dioflex s.r.o. se sídlem v Rožnově pod Radhoštěm se zabývá profesionálním osazováním LED pomocí SMT technologií při výrobě designových svítidel. Zde byla možnost vidět funkční montážní linku SMT, a získat tak základní poznatky o provozu technologie v praxi.

- **PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o.**

PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o. (Obr. 21) byla založena v roce 1992 jako dceřiná společnost obchodní firmy PB Technik AG Zollikon ve Švýcarsku a v roce 2006 se odkupem zahraničního podílu stala společností ryze českou.

Předmětem podnikání společnosti je inženýrská a obchodní činnost, výroba, instalace a opravy technologických zařízení a přístrojů, konstrukce strojů a zařízení a výroba a dovoz chemických látek a přípravků, vše se zaměřením na obor montáže elektronických sestav na deskách plošných spojů. [20]



Obr. 21: Budova společnosti PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o. [20]

Sortiment zahrnuje vše potřebné od přístrojů pro laboratorní a prototypovou montáž elektronických sestav až po komplexní linky pro velkosériovou plně automatizovanou výrobu. V této oblasti zastupují 38 zahraničních výrobců technologických zařízení, jejichž výrobky dodávají a podporují. [20]

Při zakoupení zařízení u této společnosti, smlouva zahrnuje provedení technologické optimalizace pro jeden nebo dva výrobky při uvádění do provozu.

Z nabídky společnosti PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o. mě zaujal osazovací automat pod názvem JX-100LED (Obr. 22) vyráběný japonskou firmou JUKI. Toto strojní zařízení je koncipováno jako specializovaný osazovací automat pro široký sortiment LED čipů a malých pouzder pro pomocné obvody.



Technické údaje:

Maximální velikost DPS	800x360 mm
Minimální velikost DPS	50x30 mm
Osazovací rychlost	15.300 součástek/h
Přesnost osazování	±50 μm
Počet osazovacích hlav	6

Obr. 22: JUKI JX-100LED [20]

SWOT analýza společnosti PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o.

SWOT analýza v Tab. 5 byla zpracována v závislosti na absolvované exkurzi.

SWOT analýza			
Vnitřní prostředí	Silné stránky	Slabé stránky	
	<ul style="list-style-type: none"> • Tradice společnosti • Kvalitní zahraniční dodavatelé • Zázemí společnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • Slabý vývoj vlastního zařízení • Vzdálenost od společnosti MODUS 	
Vnější prostředí	Příležitosti	Hrozby	
	<ul style="list-style-type: none"> • Vývoj vlastního výrobního zařízení • Rozšíření sortimentu o další dodavatele 	<ul style="list-style-type: none"> • Vzdálenost servisního technika při poruše • Vypovězení smlouvy ze strany zahraničních partnerů 	

Tab. 5: SWOT analýza společnosti PBT s.r.o.

Hodnota přepravitelnosti materiálu MAG

Při měření intenzity toku materiálu se stává, že výsledné hodnoty nelze mezi sebou objektivně porovnávat, z důvodu rozdílnosti přepravovaného materiálu. Z hlediska přepravitelnosti nelze srovnávat například sypký materiál s pevným, nebo kapalným materiálem, i když budou mít shodnou hmotnost.

Z tohoto důvodu se zavedl výpočet označující hodnotu přepravitelnosti materiálu, tzv. MAG. MAG udává hodnotu přepravitelnosti, která je závislá i na dalších parametrech ovlivňujících přepravu, jako je tvar nebo stav materiálu, a ne jen jeho hmotnost. Čím vyšší bude u materiálu hodnota přepravitelnosti, tím obtížnější bude i jeho případná přeprava. Tabulky pro určení jednotlivých koeficientů jsou v příloze č. 2 a v příloze č. 3. [21]

Pro výpočet hodnoty MAG byli vybráni čtyři zástupci, kteří jsou nejčastěji přepravovanými materiály ve společnosti MODUS a hodí se tak k porovnání s materiálem přepravovaným při budoucí výrobě LED panelů.

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)]$$

A – rozměr B – hmotnost C – tvar D – nebezpečí poškození E – stav materiálů

○ **Hliníkový plech** - 1500x3000x0,4 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 4 + [0,25 \cdot 4(0,4 + 0,2 + 1 + 2)] = \mathbf{7,6}$$

○ **Předřadník Helvar EL3/44x18s** – 360x30x21 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 1,5 + [0,25 \cdot 1,5(0,3 + 1 + 2 + 1)] = \mathbf{3,1}$$

○ **Zářivková trubice T8 36W** – Ø28-1200 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 2,7 + [0,25 \cdot 2,7(0,4 + 2 + 3 + 2)] = \mathbf{7,7}$$

○ **Zářivkové svítidlo MODUS I418AL600** – 596x596x94 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 15 + [0,25 \cdot 15(0,3 + 1 + 2 + 1)] = \mathbf{31,1}$$

- **Neosazený DPS** – 580x320x2 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 2 + [0,25 \cdot 2(0,3 + 0,2 + 2 + 1)] = \mathbf{3,8}$$

- **Osazený DPS** – 580x320x3,5 mm

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E)] = 2,6 + [0,25 \cdot 2,6(0,3 + 1 + 2 + 2)] = \mathbf{6}$$

Z výsledků vyplývá, že osazená DPS bude na přepravu náročnější než neosazená. V porovnání s nyní přepravovanými materiály vychází hodnota přepravitelnosti téměř shodně, a neměly by tak nastat žádné potíže při budoucí dopravě.

4.3. Analýze

Strojní zařízení, pro montážní linku SMT, je vybíráno z nabídky vybraných dodavatelů, tj. *PBT s.r.o.*, *AMTECH spol. s r.o.* a *Amtest s.r.o.*

Podmínkami výběru strojního zařízení je schopnost zpracovat DPS o atypické velikosti 580x320 mm. Kde dvě DPS tvoří jeden panel osvětlení obsahující 300 LED. A minimální výrobní kapacita je 10 000 osazených panelů za měsíc, resp. 6 000 000 osazených LED čipů za měsíc. Dále by montážní linka měla být schopna pracovat plně automatizovaně a umožňovat spojení do in-line systému, s pásovými dopravníky, automatickými loadery a unloadery synchronizovanými s taktem výroby.

Ve všech návrzích je pracovní čas reflow pece uveden v intervalu. Přesný pracovní čas reflow pece není možné teoreticky určit. Tento čas ovlivňuje mnoho faktorů, jako například druh použitých LED čipů, jejich množství, vzdálenosti mezi vodivými body apod. Přesný pracovní čas se určuje až experimentálně při zahájení nulté série.

Všechny uváděné časy jsou určeny pouze odborným odhadem, po prostudování problematiky použité technologie, s ohledem na technologické vlastnosti použitého zařízení.

- **Návrh řešení č. 1: dodavatel společnost PBT s.r.o.**

Montážní linka SMT je sestavena ze strojního zařízení dodávaného společností PBT s.r.o. Důležité parametry spolu s pracovními časy strojů, počítanými pro výrobu zadaného DPS, jsou uvedeny v Tab. 6.

Sítotisk i osazovací automat jsou v základu schopny pracovat s požadovanou velikostí DPS, reflow pec bude muset být upravena pro atypickou šířku DPS.

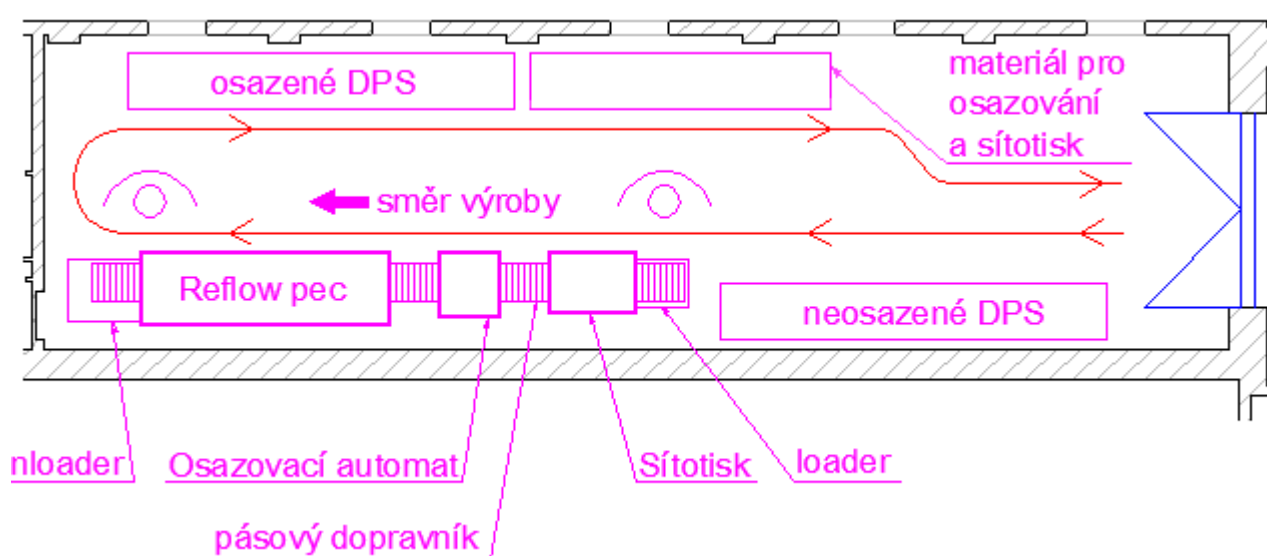
Pro obsluhu montážní linky budou potřeba dva pracovníci, kteří budou dohlížet na chod zařízení, doplňování materiálů potřebných k výrobě a odebrání hotových výrobků.

Parametry strojní zařízení Typ strojní zařízení	Základní technické údaje strojů			Čas práce stroje
Sítotisk: Výrobce: ASI tech. Model: GKG-K	DPS max. rozměr	(mm)	610x610	7,5 s
	DPS min. rozměr	(mm)	80x50	
	Rychlost tisku	(m/s)	5-200	
	Přesnost tisku	(μm)	±25	
	Rozměry zařízení	(mm)	1300x1800x1570	
	Hmotnost zařízení	(kg)	1100	
Osazovací automat: Výrobce: JUKI Model: JX-100LED	DPS max. rozměr	(mm)	800x360	47,1 s
	DPS min. rozměr	(mm)	50x50	
	Osazovací rychlost	(souč./h)	15.300	
	Osazovací přesnost	(μm)	±50	
	Počet zásobníků	(ks)	30	
	Rozměry zařízení	(mm)	1390x1270x1490	
	Hmotnost zařízení	(kg)	1000	
Reflow pec: Výrobce: Ersa Model: HOTFLOW 3/14	Šířka DPS	(mm)	60-536	180-410 s
	Délka tunelu	(mm)	3750	
	Rychlost dopravníku	(cm/min)	20-200	
	Rozměry zařízení	(mm)	1530x5190x1580	
	Hmotnost zařízení	(kg)	2500	

Tab. 6: Parametry strojního zařízení montážní linky SMT – PBT s.r.o. [20]

○ Layout výrobních prostor

Do layoutu (Obr. 23) prostoru Varianty A (viz 3.3. Stávající stav, str. 25) jsou zakresleny vybrané strojní zařízení od společnosti PBT s.r.o., ve shodném měřítku s výrobními prostory nacházejícími se ve společnosti MODUS. Vytvořená montážní linka SMT obsahuje základní zařízení pro SMT technologii, pomocné zařízení pro automatizaci výroby a skladovací prostory pro materiál potřebný k výrobě a hotové výrobky. Přidán byl loader (automatický zakladač desek plošných spojů do výrobní linky), pásové dopravníky pro přepravu DPS mezi zařízeními a unloader (automaticky zakladač DPS do magazínu z výrobní linky).



Obr: 23: Layout návrhu montážní linky č. 1

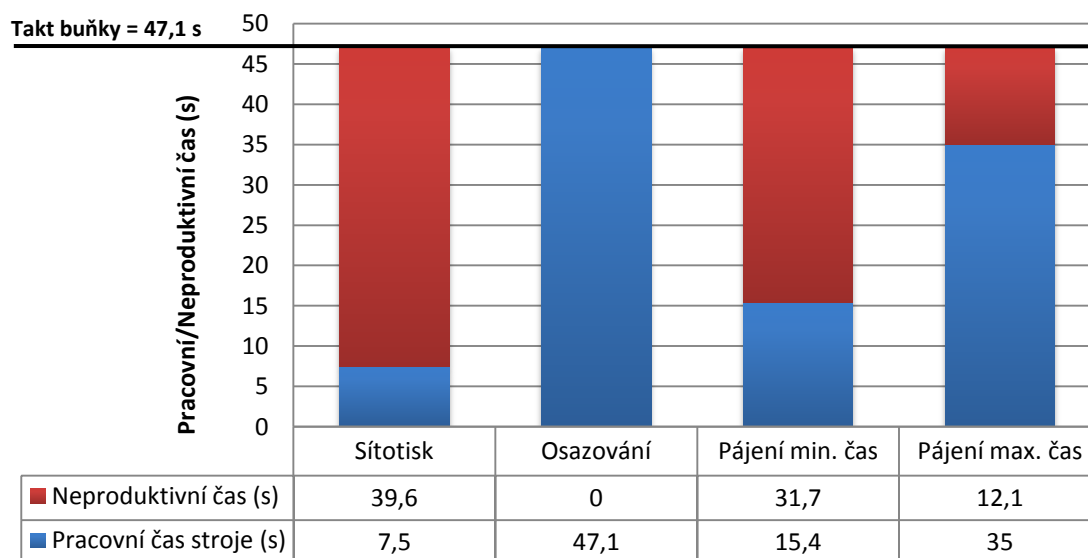
○ Takt buňky návrhu č. 1

Porovnáním pracovních časů mezi jednotlivými zařízeními je zjištěn celkový takt buňky, a zároveň neproduktivní čas jednotlivých zařízení. Neproduktivní čas je prodleva, vznikající při čekání zařízení na dokončení operace u předchozího, nebo následujícího zařízení.

Na rozdíl od sítotisku a osazovacího automatu, které pracují vždy na jednom kusu DPS, reflow pec pracuje kontinuálně (spojitě). To znamená, že čas mezi jednotlivými výrobky nezávisí na času zpracování jednoho DPS, ale na nastavené rychlosti pásového dopravníku samotné pece.

Rychlost pásového dopravníku je počítána podle délky pracovní části reflow pece a času potřebného pro zapájení. Tento čas není možné přesně určit, a proto je počítán v určeném intervalu. Rychlost pásového dopravníku pak bude u dolní meze pracovního času (180 s) 125 cm/min a u horní meze pracovního času (410 s) 54,9 cm/min.

Graf 2 zobrazuje časy práce strojů, velikost neproduktivních časů při čekání strojů a výsledný takt výrobní buňky.



Graf. 2: Takt buňky – dodavatel PBT s.r.o.

○ Kapacitní propočty

Nejprve je vypočítána výrobní kapacita navržené montážní linky při nepřetržitém provozu, podle požadavku společnosti MODUS pro docílení maximálního využití zařízení. A poté výpočet potřebné směnnosti pro dosažení požadované minimální výroby 10 000 panelů osvětlení za měsíc, resp. 20 000 DPS za měsíc. Pracnost výrobku je 47,1s v závislosti na taktu buňky, která je přepočítán na 0,0131 h/ks.

Měsíční využitelný fond při nepřetržitém provozu

$$F_{VS} = d \cdot h \cdot s \cdot k_2 = 30 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 0,7 = 504 \text{ h}$$

$d = 30$ dní – počet dnů v měsíci

$h = 8$ h – počet hodin za jednu směnu

$s = 3$ směny – směnnost za den

$k_2 = 0,7$ dostupnost zařízení – koeficient na opravy

Výrobní kapacita DPS při nepřetržitém provozu za měsíc

$$K_{VP} = \frac{F_P}{T_P} = \frac{504}{0,0131} = 38473,3 \frac{\text{ks}}{\text{měs}} > K_{POŽ}$$

K_{VP} = výrobní kapacita za měsíc

F_P = fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

$K_{POŽ}$ = 20.000 ks – požadovaná kapacita za měsíc

Směnnost pro výrobu minimální měsíční kapacity

$$F_P = K_{MP} \cdot T_P = 20000 \cdot 0,0131 = 262 \text{ h}$$

K_{MP} = Minimální požadovaná kapacita za měsíc

F_P = Potřebný fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

Potřebný pracovní fond pro výrobu minimální měsíční kapacity vychází na 262 h. Při zvolené směnnosti 2x8 h denně, 5 dní v týdnu a 21 dní v měsíci vychází měsíční pracovní fond na 336 h s dostupností zařízení 0,78. Tyto hodnoty by měly být dostačující a měla by být zajištěna výroba minimální měsíční kapacity.

○ **Zhodnocení návrhu č. 1**

Navržená montážní linka splňuje požadavky pro minimální měsíční kapacitu výroby DPS, a při nepřetržitém provozu je schopna kapacitu dále převyšovat o 92 %.

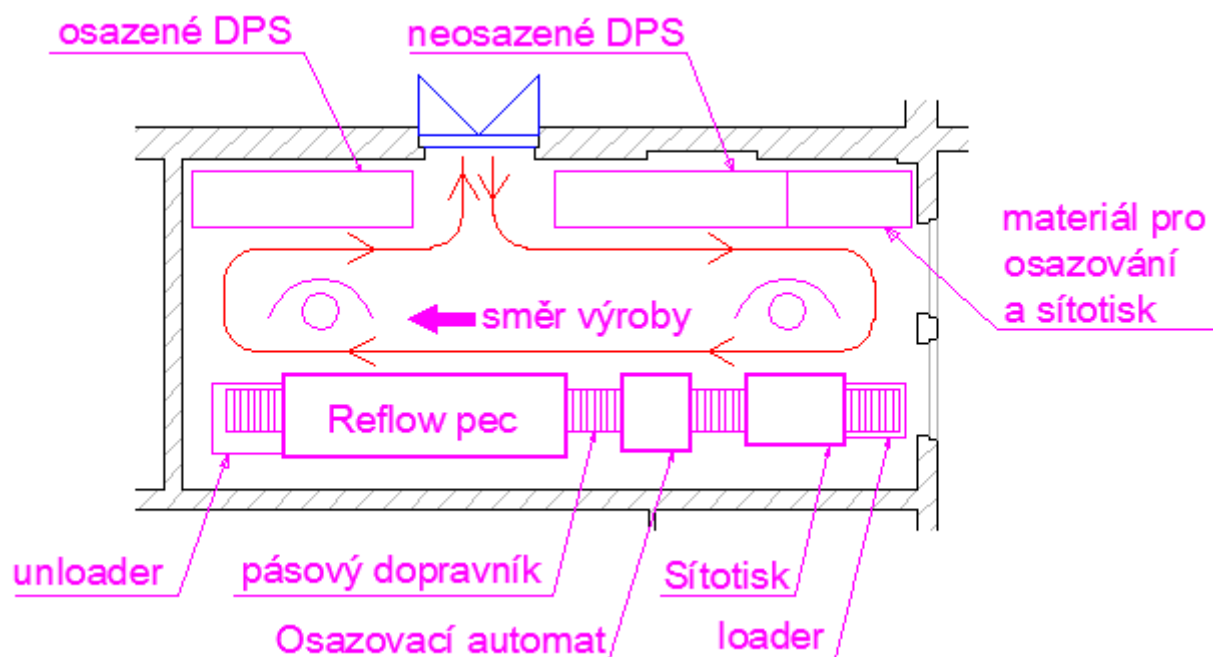
Výrobní prostory Varianty A, do kterých byla montážní linka v layoutu umístěna, jsou dostatečné a nabízí prostor i pro mezisklady výrobních materiálů a hotových výrobků. Dále je zde prostor i pro možné budoucí rozšíření výrobní linky, nebo pro zkušební a opravárenskou stanici.

- **Návrh řešení č. 2: dodavatel společnost PBT s.r.o.**

Tento návrh je shodný s návrhem č. 1 v navrženém strojním zařízení, počtu zvolených pracovníků obsluhy, taktování buňky i kapacitních propočtech. Rozdíl je pouze v umístění montážní linky do výrobních prostor Varianty B (viz 3.3. Současný stav, str. 25).

- **Layout výrobních prostor**

Do layoutu (Obr. 24) je zakresleno vybrané strojní zařízení, tvořící montážní linku pro osazování SMT technologií, ve shodném měřítku s výrobními prostory Varianty B. Dále layout obsahuje zařízení pro automatizaci výroby (loader, unloader a pásové dopravníky) a mezisklady pro výrobní materiál a hotové výrobky.



Obr. 24: Layout návrhu montážní linky č. 2

- **Zhodnocení návrhu č. 2**

Shodně s návrhem č. 1 montážní linka splňuje minimální požadované výrobní kapacity.

Výrobní prostory Varianty B jsou dostatečné pro montážní linku se zařízením pro její automatizaci a omezené mezisklady výrobního materiálu a hotových výrobků. Z důvodu nedostatku prostoru však není možné žádné další rozšíření výroby.

- **Návrh řešení č. 3: dodavatel AMTECH spol. s r.o.**

Strojní zařízení, tvořící montážní linku SMT, je vybráno z nabídky produktů dodávaných společností AMTECH spol. s r.o. Důležité parametry spolu s pracovními časy strojů, počítanými pro výrobu zadaného DPS, jsou uvedeny v Tab. 7.

Sítotisk je v základu schopen zpracovat DPS o požadované velikosti. Osazovací automat a přetavovací pec však budou muset být upraveny pro atypický rozměr DPS.

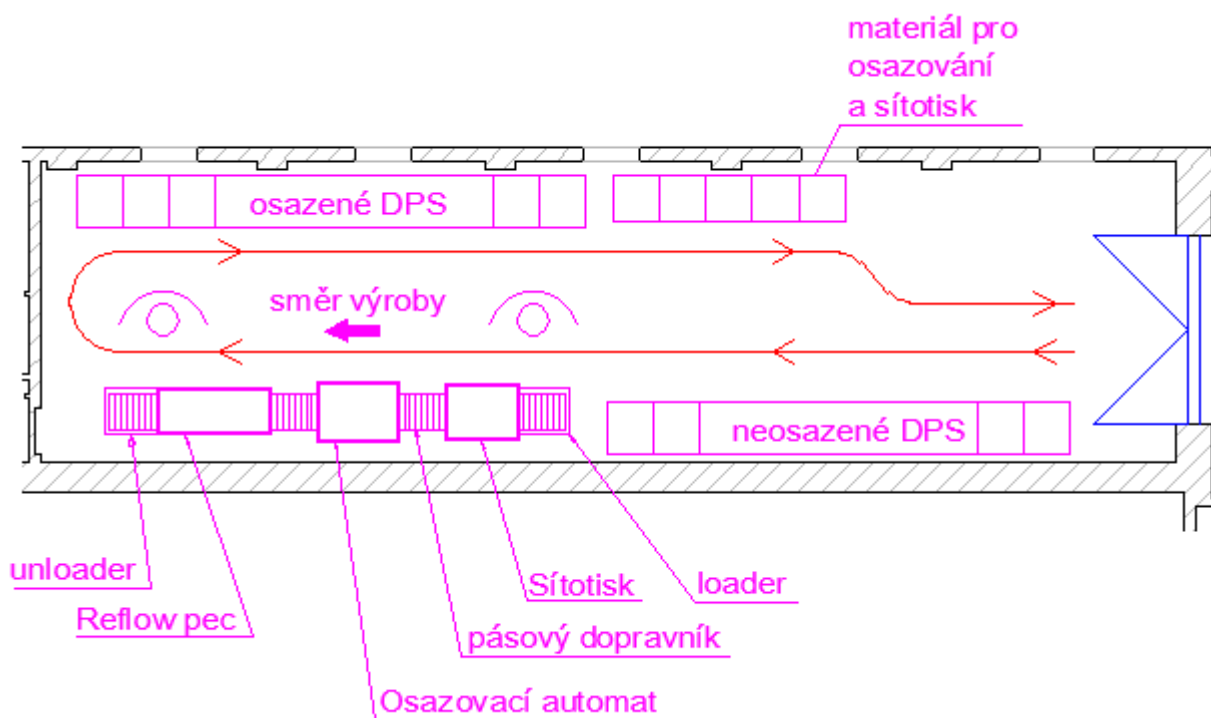
Obsluha montážní linky bude tvořit dva pracovníky zajišťující chod zařízení a jejich kontrolu, doplňování výrobních materiálů a odebrání hotových výrobků.

Parametry strojní zařízení Typ strojní zařízení	Základní technické údaje strojů			Čas práce stroje
Sítotisk: Výrobce: Speedline tech. Model: MPM 125	DPS max. rozměr	(mm)	610x508	13 s
	DPS min. rozměr	(mm)	51x51	
	Rychlost tisku	(m/s)	Až 305	
	Přesnost tisku	(μm)	±12,5	
	Rozměry zařízení	(mm)	1203x1593x1638	
	Hmotnost zařízení	(kg)	816,5	
Osazovací automat: Výrobce: DIMA Model: MP-200	DPS max. rozměr	(mm)	500x310	60 s
	DPS min. rozměr	(mm)	30x30	
	Osazovací rychlost	(souč./h)	12000	
	Osazovací přesnost	(μm)	±50	
	Počet zásobníků	(ks)	30	
	Rozměry zařízení	(mm)	1300x1750x1500	
	Hmotnost zařízení	(kg)	950	
Reflow pec: Výrobce: DIMA Model: RO-500	Šířka DPS	(mm)	500	180-410 s
	Délka tunelu	(mm)	2250	
	Rychlost dopravníku	(cm/min)	5-80	
	Rozměry zařízení	(mm)	1000x2500x1200	
	Hmotnost zařízení	(kg)	575	

Tab. 7: Parametry strojního zařízení montážní linky SMT – AMTECH spol. s r.o. [13]

- **Layout výrobních prostor**

Montážní linka, složená ze strojního zařízení dodávaného společností AMTECH spol. s r.o., je zakreslena do layoutu (Obr. 25) ve shodném měřítku s výrobními prostory Varianty A (viz 3.3. Současný stav, str. 25). Layout obsahuje strojní zařízení pro osazování SMT technologií (sítotisk, osazovací automat a přetavovací pec), dále zařízení pro automatizovaný chod výroby (loader, unloader a pásové dopravníky) a mezisklady výrobních materiálů a hotových výrobků.



Obr. 25: Layout návrhu montážní linky č. 3

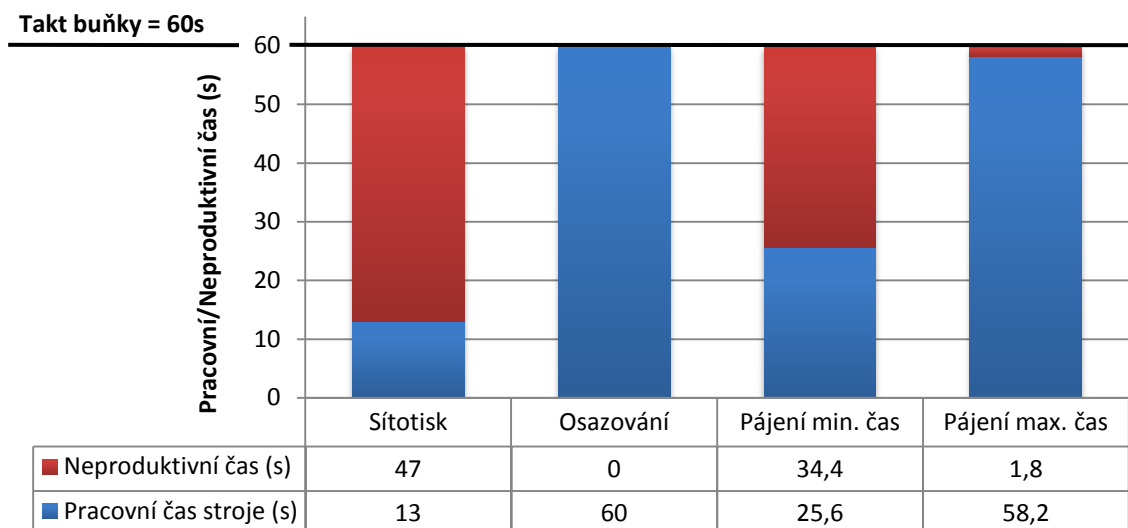
- **Takt buňky návrhu č. 3**

Při porovnání pracovních časů mezi jednotlivými zařízeními je zjištěn celkový takt buňky a zároveň neproduktivní čas jednotlivých zařízení. Neproduktivní čas je prodleva vznikající při čekání zařízení na dokončení operace u předchozího, nebo následujícího zařízení.

Na rozdíl od sítotisku a osazovacího automatu, které pracují vždy na jednom kusu DPS, reflow pec pracuje kontinuálně (spojitě). To znamená, že čas mezi jednotlivými výrobky nezávisí na času zpracování jednoho DPS, ale na nastavené rychlosti pásového dopravníku samotné pece.

Rychlost pásového dopravníku je počítána podle délky pracovní části reflow pece a času potřebného pro zapájení. Tento čas není možné přesně určit, a proto je počítán v intervalu. Rychlost pásového dopravníku u dolní meze pracovního času (180 s) tedy bude 75 cm/min a u horní meze pracovního času (410 s) 33 cm/min.

Graf 3 zobrazuje časy práce strojů, velikost neproduktivních časů při čekání strojů a výsledný takt výrobní buňky.



Graf. 3: Takt buňky – dodavatel AMTECH spol. s r.o.

○ Kapacitní propočty

Nejdříve je vypočítána výrobní kapacita navržené montážní linky při nepřetržitém provozu, podle požadavku společnosti MODUS pro docílení maximálního využití zařízení. Poté je výpočet potřebné směnnosti pro dosažení požadované minimální výroby 10 000 panelů osvětlení za měsíc, resp. 20 000 DPS za měsíc. Pracnost výrobku je 60s v závislosti na taktu buňky, která je přepočítána na 0,0166 h/ks.

Měsíční využitelný fond při nepřetržitém provozu

$$F_{VS} = d \cdot h \cdot s \cdot k_2 = 30 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 0,7 = 504 \text{ h}$$

$d = 30$ dní – počet dnů v měsíci

$h = 8$ h – počet hodin za jednu směnu

$s = 3$ směny – směnnost za den

$k_2 = 0,7$ dostupnost zařízení – koeficient na opravy

Výrobní kapacita DPS při nepřetržitém provozu za měsíc

$$K_{VP} = \frac{F_P}{T_P} = \frac{504}{0,0166} = 30361 \frac{\text{ks}}{\text{měs}} > K_{POŽ}$$

K_{VP} = výrobní kapacita za měsíc

F_P = fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

$K_{POŽ}$ = 20.000 ks – požadovaná kapacita za měsíc

Směnnost pro výrobu minimální měsíční kapacity

$$F_P = K_{MP} \cdot T_P = 20000 \cdot 0,0166 = 332 \text{ h}$$

K_{MP} = Minimální požadovaná kapacita za měsíc

F_P = Potřebný fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

Potřebný pracovní fond pro výrobu minimální měsíční kapacity vychází na 332 h. Při zvolené směnnosti 2x8 h denně, 6 dní v týdnu a 25 dní v měsíci vychází měsíční pracovní fond na 400 h s dostupností zařízení 0,83. Tyto hodnoty by měly být dostačující, i když je plánovaná dostupnost vyšší než navrhovaná, a měla by být zajištěna výroba minimální měsíční kapacity.

○ **Zhodnocení návrhu č. 3**

Montážní linka, složená ze strojního zařízení od společnosti AMTECH, je podle předběžných kapacitních propočtů schopna vyrábět požadované měsíční množství LED panelů a při nepřetržitém provozu toto množství dále převyšuje o 52 % minimální kapacity.

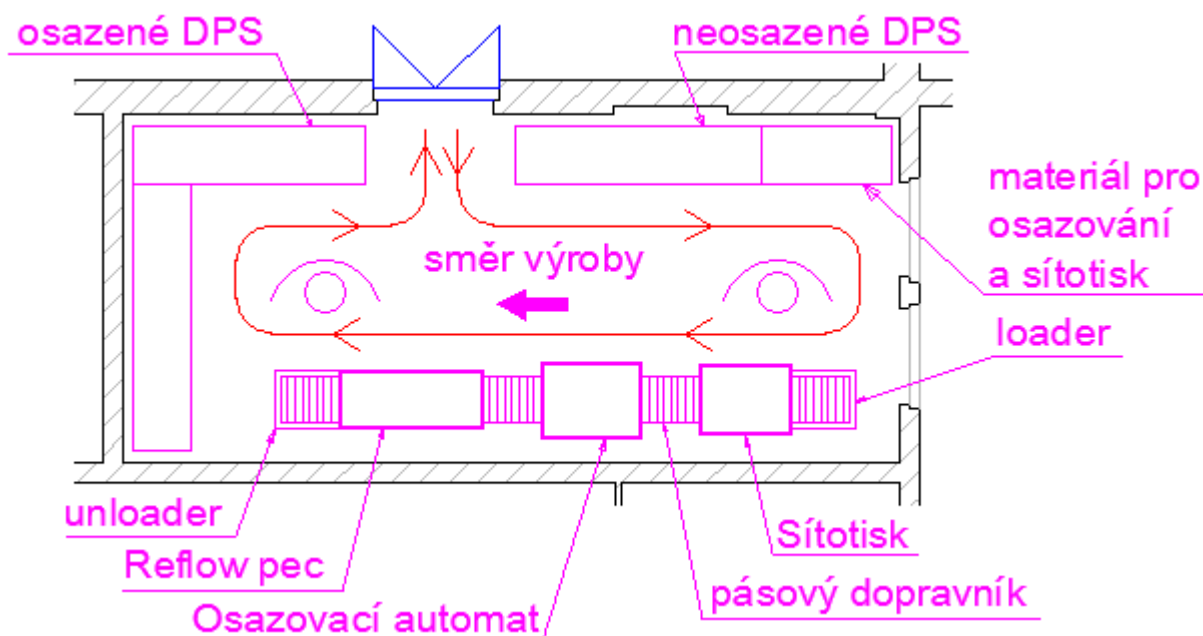
Výrobní prostory Varianty A, do kterých byla montážní linka na layoutu umístěna, jsou vyhovující pro navrhované strojní zařízení, zařízení pro automatizaci i mezisklady výrobních materiálů a hotových výrobků. Dále jsou zde prostory pro budoucí rozšíření montážní linky a umístění opravárenské a testovací stanice.

- **Návrh řešení č. 4: dodavatel AMTECH spol. s r.o.**

Tento návrh obsahuje shodné výrobní zařízení se shodnými parametry, zvoleným počtem pracovníků obsluhy, taktem buňky i kapacitními propočty jako návrh č. 3. Rozdílné jsou jen výrobní prostory, do kterých byl návrh umístěn v prostorách společnosti MODUS. V tomto návrhu je montážní linka umístěna do prostor Varianty B (viz 3.3. Současný stav, str. 25).

- **Layout výrobních prostor**

Do layoutu Varianty B (Obr. 26) je ve shodném měřítku, s výrobními prostory, umístěna montážní linka (sítotisk, osazovací automat a reflow pec), zařízení pro automatizaci výroby (loader, unloader a pásové dopravníky) a meziklady pro výrobní materiál a hotové výrobky.



Obr. 26: Layout návrhu montážní linky č. 4

- **Zhodnocení návrhu č. 4**

Požadavky na minimální výrobní kapacitu jsou v tomto návrhu, shodně s návrhem č. 3, splněny.

Výrobní prostory Varianty B jsou dostačující pro strojní zařízení na výrobu i automatizaci a meziklady materiálů a výrobků. Pro možné budoucí rozšíření montážní linky je zde prostor i pro druhý osazovací automat. Pro další podpůrné stanice je prostor již nedostačující.

- **Návrh řešení č. 5: dodavatel Amtest s.r.o.**

Strojní zařízení pro sestavení montážní linky k výrobě DPS, dle parametrů zadaných společností MODUS, je vybráno z nabídky společnosti Amtest s.r.o. Technické Parametry vybraného zařízení a výrobní časy jsou uvedeny v Tab. 7.

Sítotisk i osazovací automat jsou v základu schopny zpracovat požadovanou velikost DPS. Reflow pec bude nutné upravit pro požadovanou atypickou šíři DPS.

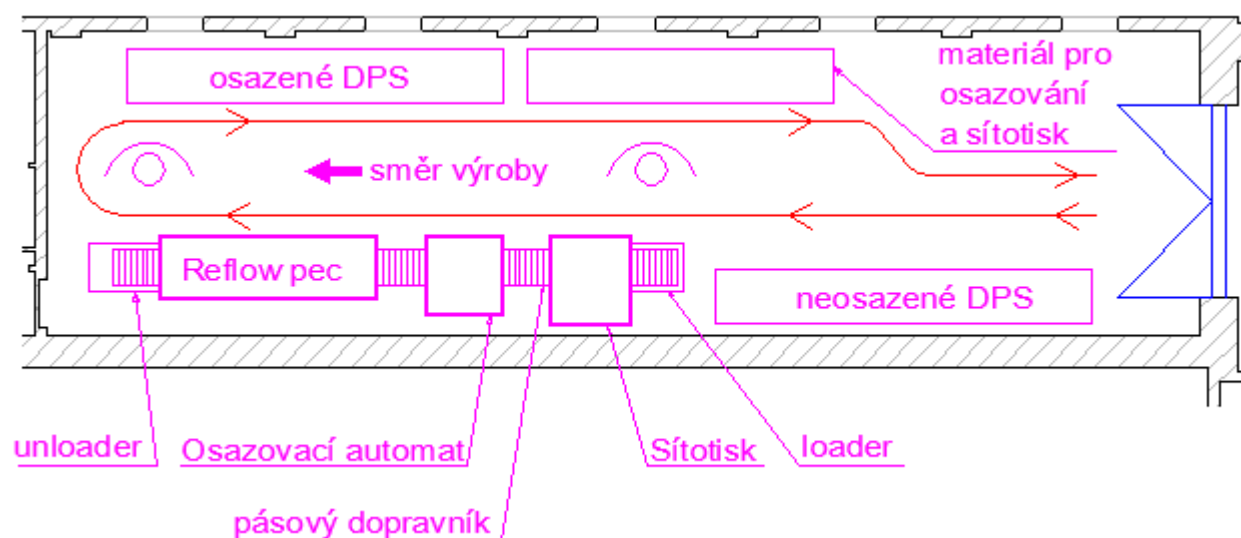
Obsluha montážní linky bude tvořit dva pracovníky zajišťující chod zařízení a jejich kontrolu, doplňování výrobních materiálů a odebrání hotových výrobků.

Parametry strojní zařízení Typ strojní zařízení	Základní technické údaje strojů			Čas práce stroje
Sítotisk: Výrobce: Samsung Model: SMP200	DPS max. rozměr	(mm)	800x500	13 s
	DPS min. rozměr	(mm)	50x50	
	Rychlost tisku	(m/s)	Až 400	
	Přesnost tisku	(μm)	±25	
	Rozměry zařízení	(mm)	1900x1740x1485	
	Hmotnost zařízení	(kg)	1450	
Osazovací automat: Výrobce: Samsung Model: SM421	DPS max. rozměr	(mm)	610x510	48 s
	DPS min. rozměr	(mm)	50x40	
	Osazovací rychlost	(souč./h)	15000	
	Osazovací přesnost	(μm)	±50	
	Počet zásobníků	(ks)	-	
	Rozměry zařízení	(mm)	1690x1650x1535	
	Hmotnost zařízení	(kg)	1680	
Reflow pec: Výrobce: Heller industries Model: 1809 MARKIII	Šířka DPS	(mm)	508	180-410 s
	Délka tunelu	(mm)	3730	
	Rychlost dopravníku	(cm/min)	až 188	
	Rozměry zařízení	(mm)	1370x4650x1600	
	Hmotnost zařízení	(kg)	1588	

Tab. 7: Parametry strojního zařízení montážní linky SMT – Amtest s.r.o. [14]

- **Layout výrobních prostor**

Do layoutu výrobních prostor (Obr. 27) Varianty A (viz 3.3. Současný stav, str. 25) je, ve shodném měřítku, umístěna montážní linka složená z vybraného strojního zařízení (sítotisk, osazovací automat a reflow pec) od společnosti Amtest s.r.o. Layout také obsahuje strojní zařízení pro automatizaci výroby (loader, unloader a pásové dopravníky) pro montáž v in-line režimu a mezisklady pro hotové výrobky a materiál potřebný k výrobě.



Obr. 27: Layout návrhu montážní linky č. 5

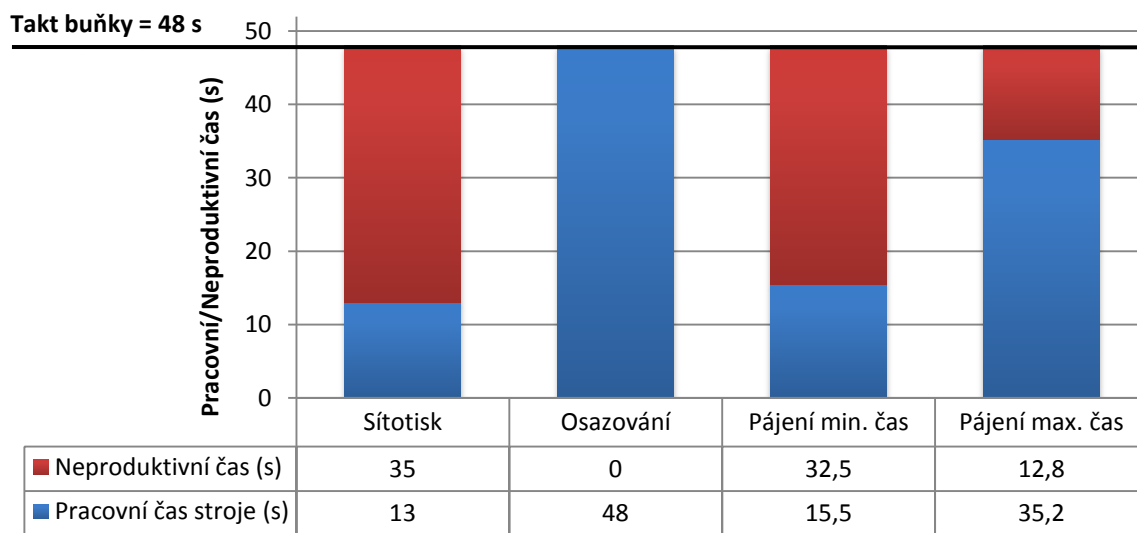
- **Takt buňky navržených strojů**

Při porovnání pracovních časů mezi jednotlivými zařízeními je zjištěn celkový takt buňky a zároveň neproduktivní čas jednotlivých zařízení. Neproduktivní čas je prodleva vznikající při čekání zařízení na dokončení operace u předchozího, nebo následujícího zařízení.

Na rozdíl od sítotisku a osazovacího automatu, které pracují vždy na jednom kusu DPS, reflow pec pracuje kontinuálně (spojitě). To znamená, že čas mezi jednotlivými výrobky nezávisí na času zpracování jednoho DPS, ale na nastavené rychlosti pásového dopravníku samotné pece.

Rychlost pásového dopravníku je počítána podle délky pracovní části reflow pece a času potřebného pro zapájení. Tento čas není možné přesně určit, a proto je počítán v intervalu. Rychlost pásového dopravníku u dolní meze pracovního času (180 s) tedy bude 124,3 cm/min a u horní meze pracovního času (410 s) 54,6 cm/min.

Graf 4 zobrazuje časy práce strojů, velikost neproduktivních časů při čekání strojů a výsledný takt výrobní buňky.



Graf. 4: Takt buňky – dodavatel Amtest s.r.o.

○ Kapacitní propočty

Nejdříve je vypočítána výrobní kapacita navržené montážní linky při nepřetržitém provozu, podle požadavku společnosti MODUS pro docílení maximálního využití zařízení. Poté je výpočet potřebné směnnosti pro dosažení požadované minimální výroby 10 000 panelů osvětlení za měsíc, resp. 20 000 DPS za měsíc. Pracnost výrobku je 48s v závislosti na taktu buňky, která je přepočítán na 0,0133 h/ks.

Měsíční využitelný fond při nepřetržitém provozu

$$F_{VS} = d \cdot h \cdot s \cdot k_2 = 30 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 0,7 = 504 \text{ h}$$

$d = 30$ dní – počet dnů v měsíci

$h = 8$ h – počet hodin za jednu směnu

$s = 3$ směny – směnnost za den

$k_2 = 0,7$ dostupnost zařízení – koeficient na opravy

Výrobní kapacita DPS při nepřetržitém provozu za měsíc

$$K_{VP} = \frac{F_P}{T_P} = \frac{504}{0,0133} = 37894 \frac{\text{ks}}{\text{měs}} > K_{POŽ}$$

K_{VP} = výrobní kapacita za měsíc

F_P = fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

$K_{POŽ}$ = 20.000 ks – požadovaná kapacita za měsíc

Směnnost pro výrobu minimální měsíční kapacity

$$F_P = K_{MP} \cdot T_P = 20000 \cdot 0,0133 = 266 \text{ h}$$

K_{MP} = Minimální požadovaná kapacita za měsíc

F_P = Potřebný fond pracovního času za měsíc

T_P = pracnost výrobku

Potřebný pracovní fond pro výrobu minimální měsíční kapacity vychází na 266 h. Při zvolené směnnosti 2x8 h denně, 5 dní v týdnu a 21 dní v měsíci vychází měsíční pracovní fond na 336 h s dostupností zařízení 0,79. Tyto hodnoty by měly být dostačující a měla by být zajištěna výroba minimální měsíční kapacity.

○ **Zhodnocení návrhu č. 5**

Navržená montážní linka, ze strojního zařízení od společnosti Amtest s.r.o., je podle předběžného propočtu schopna plnit minimální měsíční výrobní kapacitu a při požadavku nepřetržitého provozu tuto kapacitu dále navyšuje o 89,5 % výroby.

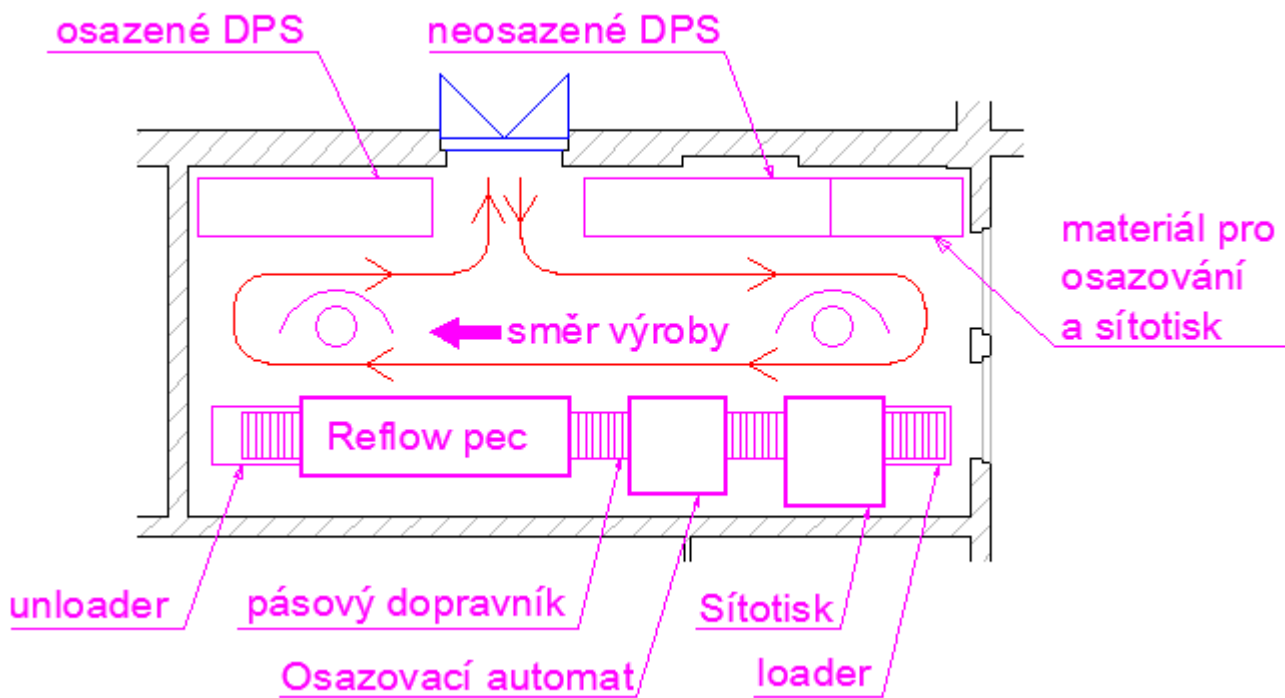
Výrobní prostory Varianty A, jsou dostatečné pro samotnou výrobní linku i zařízení pro její automatizaci. Jsou zde prostory i pro mezisklady výrobního materiálu a hotových výrobků. Dále prostory nabízí i možnost pro budoucí rozšíření a pro umístění podpůrných stanic na opravu a testy vyrobených DPS.

- **Návrh řešení č. 6: dodavatel Amtest s.r.o.**

Návrh č. 6 má naprosto shodnou montážní linku se stejnými parametry, počtem pracovníků obsluhy, taktem buňky i výrobními kapacitami jako návrh č. 5. Rozdíl je pouze ve výrobních prostorách, do kterých byl návrh umístěn, ve společnosti MODUS. V tomto návrhu je montážní linka umístěna do výrobních prostor Varianty B (viz 3.3. Současný stav, str. 25).

- **Layout výrobních prostor**

Do prostor Varianty B (Obr. 28) je ve shodném měřítku umístěna montážní linka a mezisklady pro výrobní materiál a hotové výrobky. Layout také obsahuje strojní zařízení pro automatizovaný chod (loader, unloader a pásové dopravníky) a menší mezisklady výrobních materiálů a hotových výrobků.



Obr. 28: Layout návrhu montážní linky č. 6

- **Zhodnocení návrhu č. 6**

Montážní linka, která má shodné strojní zařízení s návrhem č. 5, je schopna splnit požadavky na minimální měsíční výrobní kapacitu.

Výrobní prostory dostačují pro strojní zařízení, zařízení na automatizaci a mezisklady materiálů a výrobků. Další rozšíření není kvůli nedostatku prostoru možné.

- **Zhodnocení a výběr návrhu**

Tato část se zabývá zhodnocením dílčích návrhů, porovnáním jejich jednotlivých aspektů a výběrem jednoho návrhu, který bude dále rozpracován.

- **Intuitivní výběr**

Návrh je vybrán podle pocitů. Jeden z návrhů se prostě „zdá být lepší“ než ostatní konkurenční návrhy. [4]

Jako nejlepší možnost se mi osobně jeví návrh č. 1. Podle předběžného výpočtu dosahuje největší výrobní kapacity a osazovací automat je vyvinutý speciálně pro osazování LED technologie. Jako další výhodu vidím možnost budoucího rozšíření o další osazovací automat, pro zvýšení celkové výrobní kapacity, bez investic do sítotisku a reflow pece.

Dále umístění v prostorách Varianty A se mi zdá výhodnější, z důvodu větších možností pro uskladnění materiálů a výrobků, budoucího rozšiřování výroby, zřízení testovací stanice, pro kontrolu osazených DPS, a opravárenské stanice, pro opravy zmetků z výroby.

- **Rozhodovací matice**

V rozhodovací matici se hodnotí vytvořené návrhy podle předem zvolených kritérií, které mají rozdílné váhy. Hodnotí se body od 1 do 5, kde 1 je nejméně a 5 nejvíce, a nejlépe hodnocený návrh je ten s nejvíce body. [4]

Pro určení váhy kritéria byla vybrána Fullerova metoda, která je zpracována v příloze č. 4. Vždy se porovnávají dvě kritéria, a z každé takové dvojice je vybráno to důležitější.

Rozhodovací matice se nachází v Tab. 8. na následující stránce.

- **Výběr návrhu**

Při hodnocení vyšel nejlépe návrh č. 1, který získal nejvíce bodů v rozhodovací matici a byl vybrán jako nejlepší řešení i v intuitivním výběru.

V následující kapitole proto bude tento návrh podrobněji rozpracován pomocí metod VSM (Mapa toku hodnot), FTA (Analýza stromu poruchových stavů) a FMEA (Analýza možností vzniku vad a jejich následků).

Kritérium	Váha	Koncepty											
		Návrh č. 1		Návrh č. 2		Návrh č. 3		Návrh č. 4		Návrh č. 5		Návrh č. 6	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Počet pracovníků obsluhy	29%	3	0,87	3	0,87	3	0,87	3	0,87	3	0,87	3	0,87
Výrobní kapacita montážní linky	100%	3	3	3	3	2	2	2	2	2,8	2,8	2,8	2,8
Potřeba úprav stroje pro atypickou velikost DPS	43%	2	0,86	2	0,86	1	0,43	1	0,43	2	0,86	2	0,86
Přesnost tisku	14%	1,5	0,21	1,5	0,21	3	0,42	3	0,42	1,5	0,21	1,5	0,21
Přesnost osazování	14%	2	0,28	2	0,28	2	0,28	2	0,28	2	0,28	2	0,28
Prostor pro rozšíření montážní linky	86%	3	2,58	0	0	3	2,58	1,5	1,29	3	2,58	0	0
Prostor pro podpůrné zařízení linky	71%	3	2,1	0	0	3	2,1	0	0	3	2,1	0	0
Velikost mezikladů	57%	3	1,71	1	0,57	3	1,71	2	1,14	3	1,71	1	0,57
Součet:		11,61		5,79		10,39		6,43		11,41		5,59	
Pořadí:		1.		5.		3.		4.		2.		6.	

Tab. 8: Rozhodovací matice

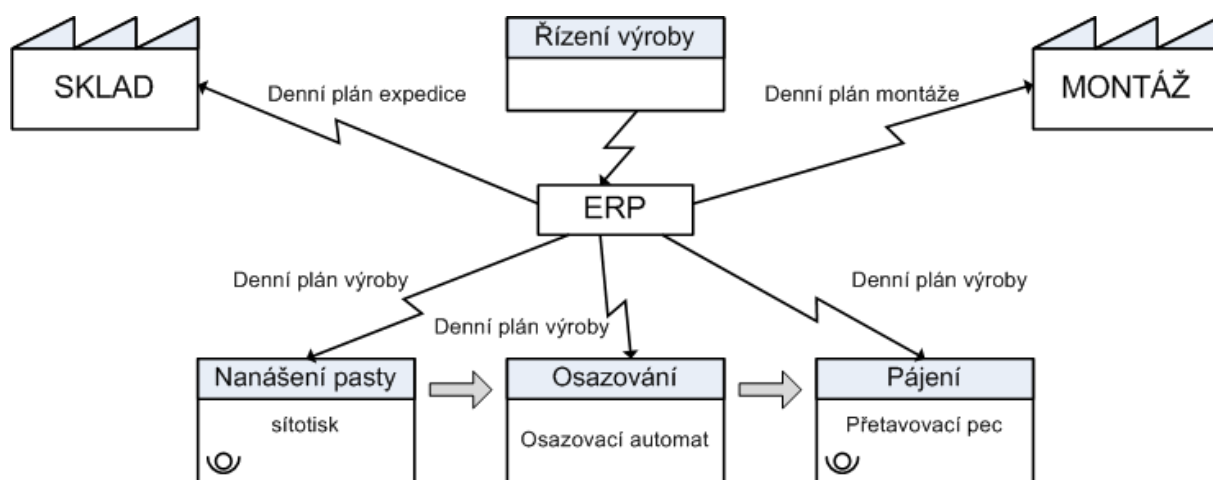
4.4. Design

Cílem v této kapitole je aplikace metod pro optimalizaci procesů na vybraný návrh z předchozí kapitoly. Použita bude metoda VSM (Mapa toku hodnot) pro přehled toku materiálů a zjištění časů přidávajících, resp. nepřidávajících, na hodnotě. A dvě preventivní metody, FMEA (Analýza možností vzniku vad a jejich následků) a FTA (Analýza stromu poruchových stavů), pro prevenci proti možným vadám v procesu výroby.

- **VSM**

VSM analýza (viz 2.2.3. VSM, str. 18) zobrazuje tok materiálů od dodavatele k zákazníkovi.

Z důvodu prozatím nestanovených zákaznických a dodavatelských vztahů, je VSM analýza omezena pouze pro hraniční oblast od skladu materiálu, přes procesy výroby k dodávce osazených DPS pro montáž ve společnosti MODUS. Příklad VSM analýzy je na Obr. 29 a kompletní zpracování se nachází v Příloze č. 4.

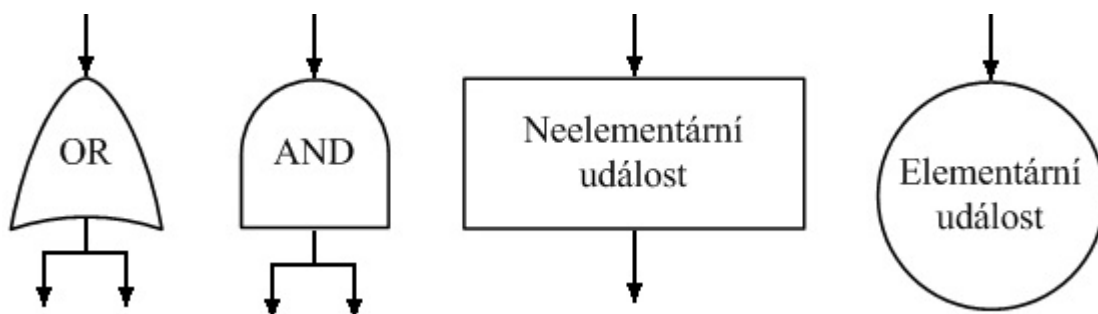


Obr. 29: Ukázka VSM analýzy

- **FTA analýza**

Analýza stromu poruchových stavů (FTA – Fault Tree Analysis) je metodou analýzy spolehlivosti složitých systémů, založenou na logické dekompozici určité nebezpečné události na dílčí až elementární (prvotní) události. Zpracování stromu poruchových stavů umožňuje analyzovat příčiny vzniku poruch a na základě odhadu pravděpodobnosti výskytu elementárních událostí stanovit pravděpodobnost výskytu analyzované nebezpečné události.

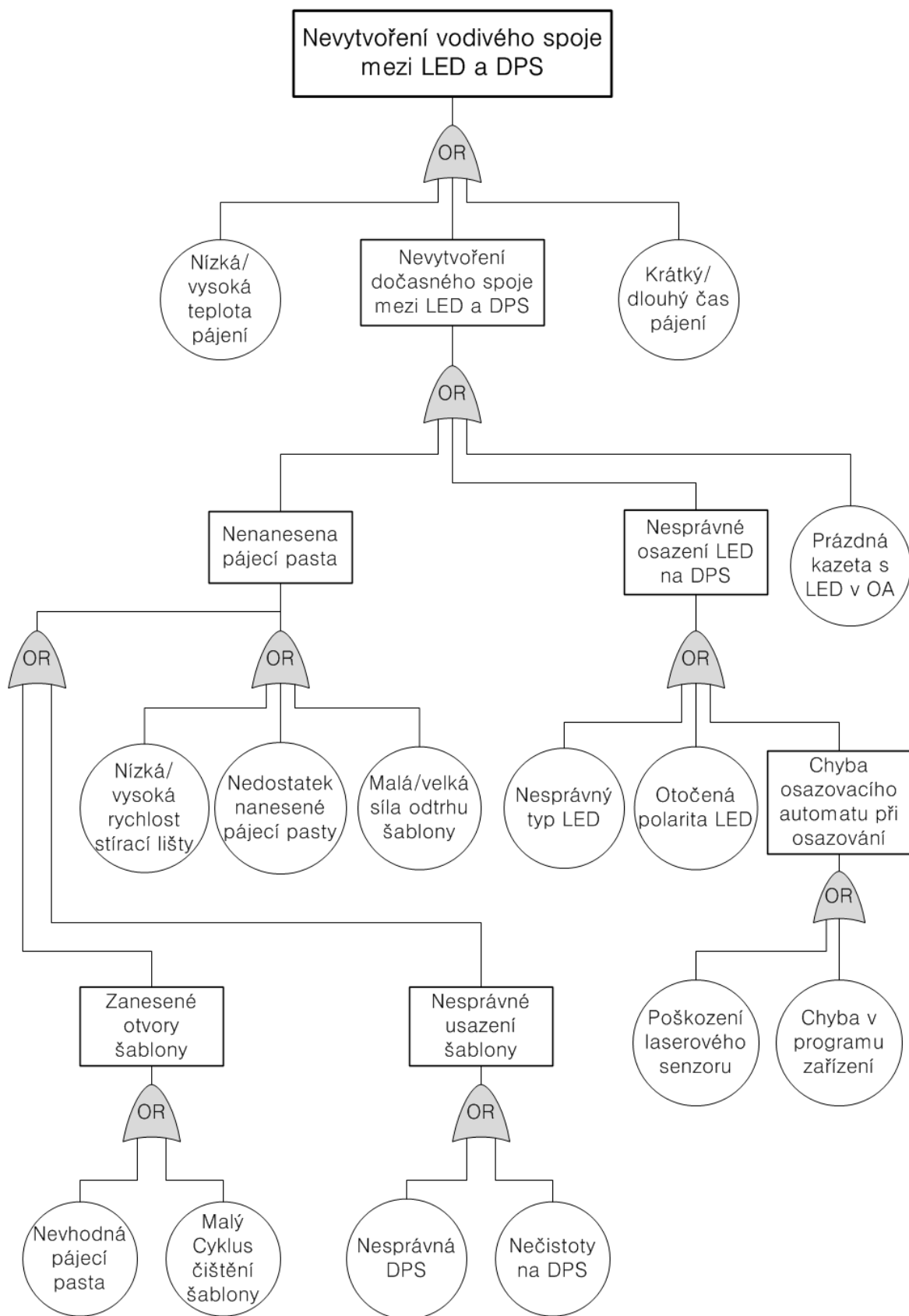
FTA umožňuje optimalizovat analyzovaný systém tak, aby se pravděpodobnost nebezpečné události snížila. Lze ji navrhnout i bez kvantitativního vyhodnocení pravděpodobnosti události. [5]



Obr. 30: Grafické symboly používané u FTA analýzy

Základním prvkem FTA (Obr. 30) jsou události dělicí se na neelementární a elementární (základní). A základními prvky pro větvení stromu jsou tzv. hradla (Obr. 28) „A“ a „NEBO“. U hradla „A“ („AND“) platí, že událost na výstupu nastane tehdy, když nastanou všechny události na vstupu. A u hradla „NEBO“ („OR“) platí, že událost na výstupu nastane, pokud nastane kterákoliv událost na vstupu.

Zpracovaná FTA analýza pro montážní linku z návrhu č. 1 je zpracována na Obr. 31 na následující stránce. Kvantitativní hodnocení pravděpodobnosti události nebylo u analýzy zpracováno pro nedostatek informací o poruchovosti výroby ze skutečného provozu. Užitečným výstupem je zjištění elementárních a neelementárních možných vad procesů, které budou dále použity u metody FMEA.



Obr. 31: FTA analýza návrhu č. 1

- **FMEA procesu**

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) představuje analýzu možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, ohodnocení jejich rizika a návrh a realizaci opatření vedoucích ke zlepšení jakosti návrhu. [5]

Argumenty hovořící pro používání metody FMEA:

- *představuje systémový přístup k prevenci nejakosti*
- *snižuje ztráty vyvolané nízkou jakostí výrobků*
- *zkracuje dobu řešení vývojových prací*
- *optimalizuje návrh a vede ke snížení počtu změn ve fázi realizace*
- *umožňuje ohodnotit riziko možných vad a na jeho základě stanovit priority opatření, vedoucí ke zlepšení jakosti návrhu*
- *vytváří cennou databázi o procesu, využitelnou pro obdobné procesy*
- *je důležitou součástí kontrolního systému v oblasti tvorby návrhu*
- *náklady na její provedení jsou jen zlomkem nákladů, které by mohly vzniknout při výskytu vad*

FMEA procesu se obvykle provádí při novém návrhu technologického postupu, anebo jeho úpravách. Postup při analýze procesu je podobný jako při analýze výrobku s tím rozdílem, že příčiny možných vad se nehledají u navrhovaného řešení výrobku ale u technologického procesu. [5]

U všech hodnocení byla použita stupnice od 1 do 10, kde čím je hodnocení vyšší tím jsou možné následky vážnější. Při tomto bodovém hodnocení je velikost výsledného rizikového čísla v rozmezí od 1 do 1000 bodů, za kritickou hodnotu se považuje výsledek vyšší než 125. Rizikové číslo je počítáno jako násobek mezi významem vady, jejím výskytem a možností odhalitelnosti.

Zpracovaná FMEA procesu pro návrh č. 1 se nachází v příloze č. 5.

4.5. Verify

Projekt byl předán společnosti MODUS, pro další zvážení. Dále byl projekt, resp. bakalářská práce, odevzdán zadavateli práce pro zhodnocení.

5. Závěr

Bakalářská práce se zabývá návrhy strojního zařízení, resp. montážní linky, pro výrobu LED panelů osvětlení pomocí technologie povrchové montáže, pro společnost MODUS. Tato společnost patří v současné době mezi největší výrobce osvětlení v České republice. Budoucím záměrem této společnosti je výroba vlastní osvětlovací techniky na základu LED technologie.

Po seznámení se s technologií LED, technologií povrchové montáže a prozkoumání stávajícího stavu byla provedena fáze definování projektu, jeho jednotlivých cílů a rozhraní pro sousední procesy a hraniční oblasti.

Dále, byl proveden průzkum zákaznických potřeb. Jako zákazník zde byla společnost MODUS, a potřeby byly zjištěny pomocí metody interview. Zákazník byl dotazován na předem připravené otázky, odpovědi byly zaznamenány a následně z nich byly interpretovány přesné zákaznické potřeby, čili technické parametry navrhovaného zařízení.

Poté následoval průzkum trhu, pomocí internetu a absolvovaných exkurzí pro nalezení společností, které se zabývají prodejem strojního zařízení pro výrobu technologií povrchové montáže. Byly vybrány společnosti PBT s.r.o., Amtest s.r.o. a AMTECH spol. s r.o., které jako jediné nalezené dodávají strojní zařízení pro zpracování potřebné velikosti DPS.

Následně bylo vygenerováno 6 návrhů montážní linky, resp. 3 návrhy, které byly implementovány do variant „A“ a „B“ možných výrobních prostor (viz 3.3. Současný stav, str. 25). U každého návrhu bylo popsáno vybrané strojní zařízení, s jeho základními technickými parametry a časy práce strojů, pro předpokládanou výrobu. Dále návrhy obsahují layout umístění montážní linky do určených výrobních prostor, její taktování a kapacitní propočty pro nepřetržitou výrobu a určení potřebné směnnosti pro výrobu minimální požadované měsíční kapacity.

Zhodnocení vygenerovaných návrhů bylo provedeno pomocí rozhodovací matice a intuitivního výběru. Byl vybrán Návrh č. 1 (viz 4.3. Analýze, str. 35) umístěn ve variantě A výrobních prostor se strojním zařízením od společnosti PBT s.r.o.

Návrh č. 1, složený ze strojního zařízení od společnosti PBT Rožnov pod Radhoštěm, s.r.o., vychází i přes své větší rozměry, jako nejproduktivnější a má také výborné

předpoklady, pro budoucí rozšiřování výrobní kapacity. Výrobní prostory Varianty A jsou výhodné svou rozlohou, která je dostačující pro montážní linku, sklady materiálů i hotových výrobků a dalších podpůrných stanic potřebných k výrobě LED panelů.

Následně byl vybraný návrh č. 1 podroben analýzám pro optimalizaci procesů. Metoda VSM pro znázornění toku materiálu při budoucí výrobě, a zjištění časů, které přidávají a nepřidávají na hodnotě výrobku. Analýza FTA, pro určení stromu chyb, a tak zjištění elementárních a neelementárních možných vad, a jejich vzájemnému provázání. A FMEA procesu pro hodnocení rizikovosti těchto možných vad, v budoucí výrobě, a návrhu opatření pro jejich omezení nebo neutralizaci.

Možností pro lepší vybalancování montážní linky je dokoupení 2D foto-inspekce do sítotisku, kde by probíhala kontrola nanesené pájecí pasty, a následně tak odpadla kontrola v osazovacím automatu a zkrátila by se doba při osazování. Anebo, dokoupení druhého osazovacího automatu, umístěného za současně navrhovaný a zvýšení tak kapacity při osazování a zkrácení času práce stroje na jednom DPS.

6. Použité zdroje

- [1] HÁJEK, J. *Úvod do SMT*. Praha: BEN Technická literatura, 1992. 15 s. ISBN 80-85230-01-1.
- [2] KOŠTURIÁK, Ján; FROLÍK, Zbyněk. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa, 2006. Management toku hodnot, s. 237. ISBN 80-86851-38-9.
- [3] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vydání 1. Praha: Management Press. s.r.o., 2008. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [4] MAŠÍN, Doc. Dr. Ing. Ivan; ŠEVČÍK, Doc. Ing. Ladislav. *Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. 184 s. ISBN 80-903533-0-4.
- [5] PLURA, Jíří. *Plánování a neustálé zlepšování*. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [6] ŠANDERA, Josef. *Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž*. Praha: BEN Technická literatura, 2006. Technologie pájení přetavením, s. 24. ISBN 80-7300-181-0.
- [7] TÖPFER, Armin. *Six Sigma Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. [s.l.] : Computer press, 2008. 508 s. EAN: 9788025117668.
- [8] BURIETA, Ing. Ján. *5S, 6S alebo dokonca 7S?* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-12-8]. Dostupné z WWW: <http://www.ipaslovakia.sk/UserFiles/File/ZL/Prumyslove%20inzenyrstvi%20casopis/2010_3_5S,%206S%20alebo%20dokonca%207S.pdf>.
- [9] DOLEČEK, Ing. Jaroslav. *Technologie - plošné spoje* [online]. 2006 [cit. 2011-11-15]. Dostupné z WWW: <http://epso.wz.cz/stahovani/sps/Technol_III-1DPS_SMT.pdf>.
- [10] KONEČNÝ, Gustav. *Sítotisk při výrobě desek plošných spojů. Svět tisku* [online]. 2006, [cit. 2011-12-14]. Dostupný z WWW: <http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3806>.
- [11] STŘELEČEK, Jiří. *Vlastní cesta* [online]. 2008 [cit. 2011-11-18]. SWOT analýza. Dostupné z WWW: <<http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-marketing/swot-analyza/>>.

- [12] SZENDIUCH, Ivan. Povrchová *montáž: Surface Mount Technology* [online]. Brno: VUT, 2009 [cit. 2011-11-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/2009-BMts-7-8-smt.pdf>>.
- [13] *AMTECH* [online]. 2011 [cit. 2011-11-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.amtech.cz/>>.
- [14] *Amtest* [online]. 2011 [cit. 2011-11-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.amtest.cz/>>.
- [15] *Cree X-Lamp* [online]. 2011. [cit. 2011-12-14]. Dostupné z WWW: <http://www.cree.com/products/pdf/XLampMX_SolderingAndHandling.pdf>.
- [16] *E-light.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-11-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.e-light.cz>>.
- [17] *ERP systémy* [online]. 2011 [cit. 2011-12-4]. Co je ERP systém. Dostupné z WWW: <<http://erp-systemy.cz/co-je-erp-system/>>.
- [18] *Led diody* [online]. 2008 [cit. 2011-11-02]. Co jsou LED diody?. Dostupné z WWW: <<http://www.zazraky.cz/led-diody/co-jsou-led-diody.html>>.
- [19] *MODUS spol. s.r.o.* [online]. 2001 [cit. 2011-10-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.modus.cz/cze/o-spolecnosti/profil-spolecnosti>>.
- [20] *PBT* [online]. 2011 [cit. 2011-11-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.pbt.cz/>>.
- [21] *Tok materiálu* [online]. 2009 [cit. 2011-12-14]. Dostupné z WWW: <http://www.id.vsb.cz/sliva/zl/Zaklady%20logistiky_8.pdf>.

7. Přílohy

Příloha č. 1: Plakát 6S společnosti MODUS

Příloha č. 2: Graf pro výpočet velikosti činitele „A“ přepravitelnosti v jednotkách MAG

Příloha č. 3: Tabulka s velikostí činitelů přepravitelnosti v jednotkách MAG

Příloha č. 4: Párové porovnání

Příloha č. 5: VSM analýza návrhu č. 1

Příloha č. 6: FMEA procesu návrhu č. 1



Metoda 6S

CO:

- ✓ Odstranit nepotřebné předměty
- ✓ Udržovat pořádek
- ✓ Standardizovat uspořádání

JAK NA TO:

PROČ:

- ✓ Redukuje plýtvání
- ✓ Zvyšuje bezpečnost na pracovišti
- ✓ Zlepšuje materiálový tok
- ✓ Zlepšuje pracovní prostředí

SEPAROVAT



SEBEDISCIPLÍNA



STÁLE ČISTO



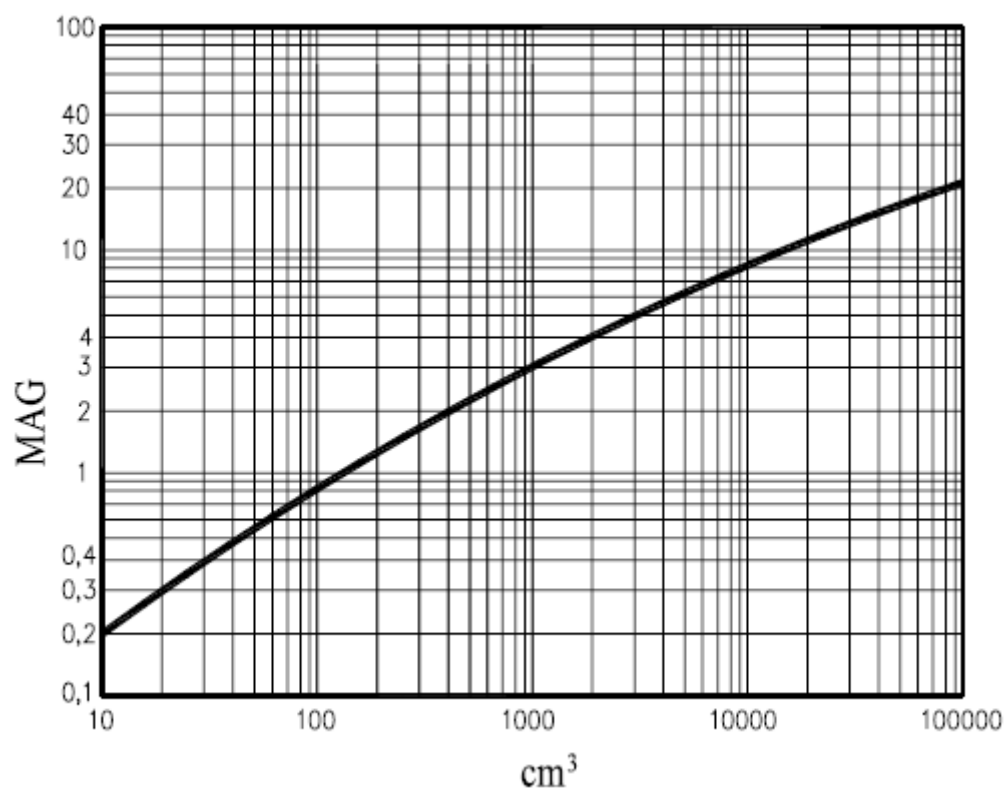
SYSTEMATIZOVAT



STÁLÁ BEZPEČNOST

STANDARDIZOVAT

Příloha č. 2: Graf pro výpočet velikosti činitele „A“ přepravitelnosti v jednotkách MAG [21]



Příloha č. 3: Tabulka s velikostí činitelů přepravitelnosti v jednotkách MAG [21]

	B	C	D	E
0,2	-	Velmi plochý a stohovatelný	-	-
0,3	Velmi lehký a prázdný	Způsobilý pro dobré stohování a svazkování	Nepodléhá žádnému poškození	-
0,4	Lehký a neskladný	Způsobilý pro poměrně snadné stohování a svazkování	Podléhá zanedbatelnému poškození	-
1	Středně těžký	V podstatě čtyřhranný s určitou způsobilostí ke stohování	Podléhá někdy poškození	Čistý, tuhý, stálý
2	Dost těžký a jednotlivý	Dlouhý, zaoblený nebo někdy nepravidelný	Podléhá poškození rozdrcením, rozbitím, poškrábáním	Zaoblený, drobný, nestálý nebo obtížný pro manipulaci
3	Těžký	Velmi dlouhý a oválný nebo nepravidelný	Podléhá lehce poškození nebo značnému poškození	Konzervovaný, teplý, velmi drobný nebo kluzký, obtížný pro manipulaci
4	Velmi těžký a masivní	Velmi dlouhý a zakřivený, velmi nepravidelný	Podléhá velmi lehce poškození nebo velkému poškození	Lepkavý, upraven povrchově
10	-	Velmi dlouhý a zakřivený, velmi nepravidelný	Podléhá velmi lehce značnému poškození	Tavná ocel

Příloha č. 4: Párové porovnání

Kritérium	1	2	3	4	5	6	7	8	Počet preferovaných	Váha
1	-	2	3	1	1	6	7	8	2	29%
2	2	-	2	2	2	2	2	2	7	100%
3	3	2	-	3	3	6	7	8	3	43%
4	1	2	3	-	4	6	7	8	1	14%
5	1	2	3	5	-	6	7	8	1	14%
6	6	2	6	6	6	-	6	6	6	86%
7	7	2	7	7	7	6	-	7	5	71%
8	8	2	8	8	8	6	7	-	4	57%

$$v_i = \frac{n_i}{N}$$

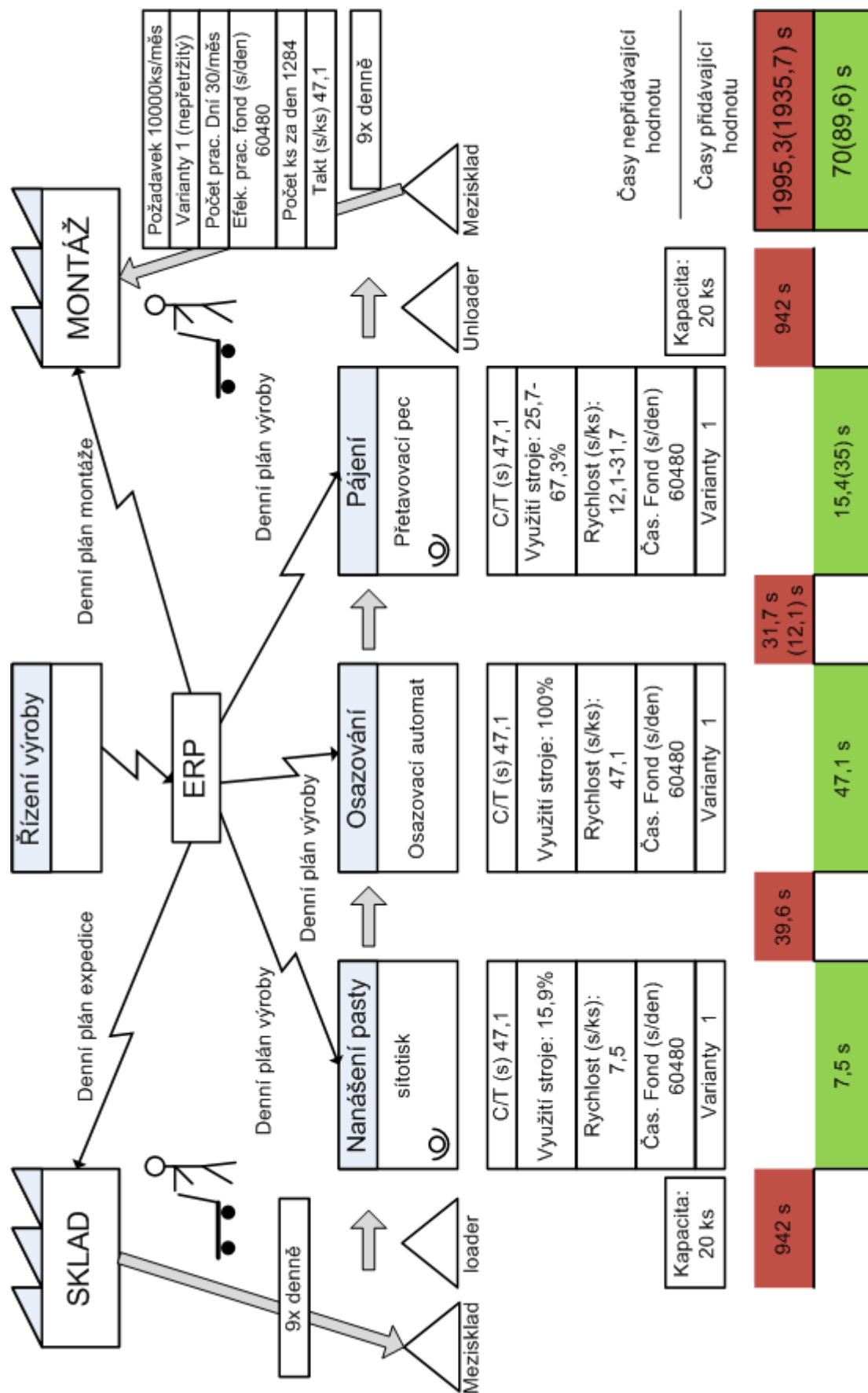
i = kritérium

n_i = počet preferovaných

N = počet porovnání

v_i = váha kritéria [%]

Příloha č. 5: VSM analýza návrhu č. 1



Příloha č. 6: FMEA procesu návrhu č. 1

FMEA PROCESU

Číslo FMEA 001

Položka	Návrh č. 1	Zodpovědnost za návrh	Václava Martin	Listů	3
Model	PBT RpR, s.r.o.	Datum	5. 12. 2011	Zpracoval	Václava Martin

Datum provedení 5. 12. 2011

Proces	Projev vady	Možné následky vady	Význam	Kritičnost	Příčina vady	Výskyt	Stávající způsoby kontroly	Odhaltitelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovědnost Termin realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	Rizikové číslo
Sítotisk	Nenanesená (chybně nanesená) pájecí pasta	Nemožnost osazení a zapájení LED	5		Nesprávný DPS	1	Vizuální při zakládání	3	15	-						
					Usazení šablony	3	Strojní řízení	1	15	-						
					Zanesené otvory šablony	4	Čištění po určitém počtu ks	6	120	Změna cyklu čištění						
					Nevhodná pájecí pasta	1	-	10	50	Změna typu pájecí pasty						

Proces	Projev vady	Možné následky vady	Význam	Příčina vady	Výskyt	Stávající způsoby kontroly	Odhaditelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovědnost Termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaditelnost	Rizikové číslo
				Rychlost stírání šablony	1	Strojní řízení	1	5	Úprava programu (rychlosti)						
				Nedostatek nanesené pájecí pasty	2	Strojní řízení	1	10	Úprava programu (dávkovače)						
				Malá/velká síla odtrhu šablony	1	Strojní řízení	1	5	Úprava programu (síly)						
				Jiný typ LED čipu	3	Kontrola u dodavatele při výrobě	2	18	-						
Osazení	Nesprávně umístěný čip LED	Nefunkční LED (nutná oprava)	3	Korekce zařízení při osazování	1	Strojní centrování (laserový senzor)	1	3	Kalibrace zařízení						
				Otočená polarita LED	3	Kontrola u dodavatele při výrobě	2	18	-						

Proces	Projev vady	Možné následky vady	Význam	Příčina vady	Výskyt	Stávající způsoby kontroly	Odhaltitelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovědnost Termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	Rizikové číslo
	Nepřilepení LED na DPS po osazení	Nebude možno zapájet a vytvořit vodivé spojení	3	Nenanesená/ nesprávně nanesena pájecí pasta	1	Strojní 2D foto-inspekce	1	3	2D foto-inspekce ve stroji pro sítotisk						
Pájení	Nevytvoření pevného a vodivého spojení mezi DPS a LED	Nefunkční LED	8	Nastavená teplota přehřevu/ pájení/ ochlazování v peci	2	Test funkčnosti DPS po pájení	1	16	Úprava programu (teploty fázi při pájení)						
				Nastavení času pájení	2	Test funkčnosti DPS po pájení	1	16	Úprava programu (rychlost vnitřního dopravníku)						